

ومضات من تاريخ الفيزياء

تبسيط المفاهيم الفيزيائية

لفائدة طلبة العلوم الشرعية والإنسانية



ألفه ونشره

أمين الشبيهي الموقت

2025-1447



بسم الله الرحمن الرحيم

كتاب

ومضات من تاريخ الفيزياء

تبسيط المفاهيم الفيزيائية

لفائدة طلبة العلوم الشرعية والإنسانية

ألفه ونشره

أمين الشبيهي الموقت

2025-1447

ISBN : 978-9920-23-909-7

أعوذ بالله من الشيطان الرجيم:

وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا

سورة طه، الآية 114

فهرس

تقديم

الحمد لله الواحد الأحد، الفرد الصمد، وصلى الله على سيدنا وحبيبنا ومولانا محمد، وعلى آله الطاهرين ماجد عن أمجد، ورضي الله تعالى عن ساداتنا صحابته وتابعيه الهادين إلى طريق الاله الأوحد.

شهد العالم الإسلامي خلال القرون الهجرية الأولى نهضة علمية فريدة من نوعها في تاريخ البشرية، كانت ثمرتها تأسيس حضارة ازدهرت في شتى مجالات المعرفة. ولئن كانت العلوم الشرعية هي الأساس المتين الذي انطلقت منه هذه النهضة، فإن المسلمين لم يقتصروا على الفقه والتفسير والحديث، بل اقتحموا مجالات العلوم المضبوطة اصطلاحا كالفلك، والطب، والكيمياء، والفيزياء، والحساب، وحققوا فيها إنجازات مدهشة كانت الأساس الذي بنى عليه الغرب نهضته بعد قرون.

وبرز في الطب علماء مسلمون مثل **الرازي** (854–925م) **وابن سينا** (980–1037م)، وساهموا اسهاما معتبرا في تطوير المعرفة الطبية، وقد اعتمدوا على الملاحظة الدقيقة والتشخيص المنهجي، وجمعوا بين العلم والتجربة، حيث ألف ابن سينا كتاب "القانون في الطب" الذي ظل يُدرَّس في الجامعات الأوروبية حتى القرن السابع عشر.

وفي الكيمياء، كان جابر بن حيان (القرن 8م) رائدًا في تحويلها من خرافة إلى علم تجريبي، فوضع أسس "علم التحليل" وصنع أجهزة

كالمبرد والموقد، وابتكر طرقا للتقطير والتبخير. وتُعتبر أعماله النواة التي تطور منها علم الكيمياء الحديث.

أما في مجال الفيزياء، فقد برع ابن الهيثم (965–1040م) في البصريات، وأثبت بالتجربة أن الضوء يأتي من الأجسام إلى العين وليس العكس، خلافًا لما قال به الإغريق. كما ألف "كتاب المناظر" الذي يُعد ثورة في علم الضوء، واعتمد على المنهج التجريبي الصارم.

وأما في علم الفلك، فقد أنشأ المسلمون مراصد فلكية دقيقة، مثل مرصد بغداد ومرصد مراغة. وقدم البيروني (973–1048م) **و**البتاني (858–929م)، قياسات دقيقة لحركات الكواكب والنجوم، وسبقوا كوبرنيكوس في كثير من المبادئ، مثل دوران الأرض حول محورها.

وفي الرياضيات، ساهم الخوارزمي (القرن 9م) في التأسيس لعلم الجبر، واستعمل الأرقام الهندية (التي عُرفت لاحقًا بالأرقام العربية)، وطوّر جداول لحل المعادلات. وجاء بعده عالم الرياضيات والفلك، ابن البناء محمد المراكشي (1256-1321م)، الذي ألف عددا من الكتب في الهندسة والرياضيات، وأشهرها مؤلفه "تلخيص أعمال الحساب"، حيث قدم مبادئ الكسور والجذور والمعادلات وحساب الزمن.

ولكن، ومع مرور الوقت، بدأت حركة التقدم تتباطأ حتى توقفت، فبعد القرنين السادس والسابع الهجريين، بدأ التركيز يقتصر شيئا فشيئا على

العلوم الشرعية، وابتعدت المؤسسات التعليمية عن البحث في العلوم الطبيعية. ويمكن تلخيص أسباب هذا التراجع في عوامل عدة:

1. تقنين الحرية الفكرية وتراجع المناظرات العلمية الحرة.
2. الحروب الصليبية (1096-1291م) التي هددت العالم الإسلامي في وجوده، فكان الجهاد أولى الأولويات عوض تحصيل العلوم.
3. الغزو المغولي وسقوط بغداد سنة 1258م، مما أدى إلى دمار المراكز العلمية الكبرى، وعلى رأسها خزانة بغداد التي كانت تجمع قرابة مئة ألف مؤلف في مختلف العلوم.
4. الجمود الفكري الذي جعل بعض الفقهاء يُشككون في العلوم العقلية أو يعدّونها "تَرفا."
5. تخلف الأنظمة التعليمية التي لم تواكب الاكتشافات، وكرّست الحفظ والتقليد.

وهكذا، وبعد أن قاد المسلمون العالم علميا لعدة قرون، سلّموا المشعل للغرب، الذي أخذ من علومهم وأضاف إليها، بينما ظلّ العالم الإسلامي يراوح مكانه، مكتفيا غالبا بما ورثه، دون تجديد يُذكر في العلوم المضبوطة اصطلاحا.

وسوف يلاحظ القارئ، من خلال توالي الاكتشافات العلمية في الغرب،

ومقارنتها مع الأحداث التاريخية التي حصلت في نفس الحقبة، أن أفول الحضارة الإسلامية وتوقفها عن الإنتاج العلمي الجديد، يوازي فترات الهيمنة، شيئا فشيئا، على الدول الإسلامية من قبل القوى الأوروبية، وقد بلغ الأمر نهايته بعد أفول نجم الإمبراطورية العثمانية في الشرق الإسلامي، ودخول الغرب الإسلامي كليا تحت الاحتلال أو الحماية الأوروبية، والحدثان وقعا في الربع الأول من القرن العشرين.

ومع الأسف الشديد، لم يقتصر دور العلماء المسلمين آنذاك، على العزوف وإهمال هذه العلوم الحديثة ودراستها والاستفادة من تطبيقاتها، بل تعداه إلى معارضتها ومعارضة كل من يدعو إليها. وقد وصل الأمر حد الإفتاء بتحريمها وبفسوق من يستعملها، ووصف الإضاءة الكهربائية والهاتف والسيارة والقطار البخاريين بـ"الألعاب الصبيانية"، بل أكثر من ذلك، فقد أفتى ونعتها البعض بالعمل السحري الذي يستعمل الجن.

إن هذا الموقف المتشدد المتطرف من طرف بعض العلماء، سوف يحكم بالفشل على محاولات سلطاني المغرب، المولى الحسن الأول (حكم فترة 1873-1894م) والمولى عبد العزيز بن الحسن (حكم فترة 1894-1908م)، لتحديث النظام التعليمي، وإدخال هذه الاختراعات الجديدة إلى المغرب، وهو ما سيكرس التفوق الغربي نهائيا، ويفضي في الأخير إلى فرض الهيمنة الأوروبية من خلال نظام الحماية

الفرنسية-الإسبانية، التي أُجبِرت عليها الإمبراطورية المغربية الشريفة، آخر معاقل الحضارة العربية في الغرب الإسلامي، عام1912م.

لكن إعادة إحياء هذا التراث ليست مستحيلة، فالماضي المشرق دليل على القدرة، والحاضر يحمل إمكانات هائلة، متى استعاد المسلمون ثقتهم بأنفسهم وإمكانياتهم، وحرّروا العلم من القيود غير العلمية، وواكبوا التطور العلمي الحديث.

وتبعا لما سبق، ارتأيت أنه من واجبى أن أساهم بكل تواضع، في هذه المقاربة بشكل من الأشكال، فاتضح لي أنه من الممكن أن أفيد طلبة العلوم الشرعية والإنسانية وغيرهم، ومساعدتهم على الاطلاع على ميدان الفيزياء الحديثة، وما توصل إليه العلم في هذا الباب، لعلها تفيدهم في ما يقبلون عليه من علوم شرعية وإنسانية، وتفتح لهم آفاقا جديدة في فهم النصوص الإسلامية المؤسسة، فكل تلك العلوم خلقُ الله عز وجل، وقد حثنا تعالى على التفكير والتفكر، مصداقا لقوله عز من قائل في سورة آل عمران :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَٰذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

(191)

توطئة:

في أول عصور البشرية، رفع الإنسان رأسه إلى السماء، وسأل نفسه: ما هذه النجوم؟ ومن أي مادة صُنعت؟ ولماذا لا تسقط؟

كانت هذه الأسئلة الأولى، نواة كل علم، وبداية رحلة طويلة في فهم محيط الإنسان، ومن ثم التأثير عليه وترويضه، وذلك هدف كل حضارة توالت عبر الحقب التاريخية.

إن خاصية الإنسان التي حباه بها الله عز وجل، تتمثل في إمكانية توارث العلوم التي وصل إليها العلماء السابقون، ثم التقدم والزيادة فيها، وتوريثها اللاحقين من العلماء عبر التعليم والتدريس، الذين بدورهم سوف يسلكون نفس المنهج. إن هذه الرأسمالية العلمية، التي تخلق الثروة المعرفية وتنميها عبر فترات الزمن، هي خاصية الإنسان التي يفتقدها الحيوان.

يُعرّف العلماءُ الفيزياءَ أنها محاولة لفهم القوانين التي تُحرّك الكون، من أصغر الذرّات إلى أبعد المجرّات. وهي من زاوية أخرى، حكاية الإنسان مع المجهول، وفضوله الذي لا يخبو.

ولطالما ظُنَّ أن الفيزياء حكرٌ على أهل الرياضيات والمعادلات، وأنها عالم جافّ لا يصلح لذوي التخصص الفقهي ولا لأصحاب الحسّ الأدبي والخيال الشعري. لكن واقع الفيزياء في جوهرها، هو بحث في

الجمال والنظام والمعنى. إنها محاولة لقراءة كتاب الكون، الذي كُتب بلغة تختلف عن لغتنا الشفهية، لكنها تفوقها روعة وجمالا واتقانا، سبحان الخالق.

في هذا الكتاب، لن نغوص في المعادلات الرياضية، ولن نحفظ القوانين الحسابية، بل سنتعرف عليها وسنفهم كيف وُلدت. فهذا المؤلَف ليس درسا في الفيزياء، بل دعوة للتفكر، وللنظر إلى الأشياء بعين جديدة، فيها شيء من التساؤل، وكثير من الأجوبة.

وقد نظمتُه، بعد تقديم وتوطئة، في فصول تقدم تفسيرات مبسطة لأهم ما وصل إليه العلم الحديث، وذلك عبر تسلسل تاريخي لأهم الاكتشافات الفيزيائية، وختمته بخاتمة هي دعوى للاجتهاد وإعادة الأمة الإسلامية إلى سابق عهدها، في مقدمة الأمم المنتجة للعلوم والمعارف.

يقول عز وجل في سورة فُصّلت:

سَنُرِيهِمْ آيَاتِنَا فِي الْآفَاقِ وَفِي أَنفُسِهِمْ حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَهُمْ أَنَّهُ الْحَقُّ ۗ أَوَلَمْ يَكْفِ بِرَبِّكَ أَنَّهُ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ شَهِيدٌ (53)

الباب الأول: تاريخ الفيزياء

الفصل الأول: تقديم فى فائدة الفيزياء

قد تسأل نفسك: ما حاجتي لمعرفة قوانين الحركة، أو طبيعة الضوء، أو أسرار الزمن؟ أليست الفيزياء شأنا للعلماء أصحاب المختبرات، وحسابات الصواريخ والطائرات؟

لكن، حين ترى غروب الشمس، وتشعر بذلك الجمال الصامت في الأفق، ألا تريد أن تفهم لماذا تتغيّر ألوان السماء؟ وحين تسمع صدى صوتك في وادٍ مفتوح، هل خطر ببالك أن الهواء يحمل الصوت كما يحمل الماء الزورق؟ وحين تشاهد القمر بدراً، ثم ينقص شيئا فشيئا، هل علمت أن هنالك نظاما دقيقا لا يختل؟

إن هدف الفيزياء هو منحك أجوبة على تساؤلاتك، فتقود عقلك إلى عمق جديد، ويصير واضحا كل أمر مبهم أولا، فالفيزياء تهمّنا لأنها تحيط بنا في كل لحظة، هي في سقوط التفاحة من الشجرة إلى الأرض، وفي دوران المروحة الكهربائية، وفي انكسار الضوء على سطح الماء، وفي عمل الهاتف أو الكمبيوتر الذي ربما تقرأ به هذه السطور.

وكل ما حولك، من الذرّة إلى المجرة، يخضع لقوانين مضبوطة، ولأننا بشر، نبحث دوما عن الفهم وننفر من الجهل، لأن الله تعالى كرمنا بمنحة العقل.

وليست الفيزياء علما صعبا على الفهم، بل هي طريقة للنظر إلى محيطنا، فالكون لا ينقصه الجمال، بل فقط يفتقد إلى من ينظرُ إليه، بعين وفكر مفتوحان، فيتأمل الإنسان عالما منسوجا بدقة، لا يخلو من الغموض، حيث يُخفي في ثناياه كثيرا من الحكمة والمنطق، وكذا الأسباب التي أرادها الله عز وجل مفسرةً لكل شيء طبيعي، وخص بمعجزاته الأنبياء، الذين برهنوا على رسالاتهم بأحداث تخالف القوانين الطبيعية التي جرت بها العادة.

الفصل الثاني: الفيزياء من الأسطورة إلى العلم

منذ آلاف السنين، كان الإنسان يرفع حاسته البصرية نحو السماء، ويتساءل عن النجوم التي تلمع في الليل، وعن الشمس التي تشرق كل صباح وتغيب في المساء، فالسماء لم تكن بالنسبة له مجرد فضاء فارغ، بل كانت مسرحا عظيما لأحداث ينظرها ولا يعيها ولا يفهمها.

وكان الأوائل يعتقدون أن النجوم آلهة، وأن السماء مسكن أبطال الأساطير. وفي كل حضارة، كانت أساطير تفسر الظواهر السماوية: الشمس التي تمشي في السماء يوما بعد يوم، والقمر الذي يتحول إلى هلال، والكواكب التي تدور بطريقة غامضة.

وكانت الإجابات بسيطة، فالسماء موطن للآلهة، وهي تتصرف فيها حسب هواها وما تريده. لكن لم يدم ذلك طويلاً، لأن العقل البشري لم يكتفي بهذا التفسير البسيط، وسعى لاكتشاف قانون ما يحكم هذا النظام المعقد.

كان أرسطو (384 ق.م - 322 ق.م) أول من وضع نموذجا للكون، حيث جعل الأرض ثابتة في المركز، وكل شيء يدور حولها. هذا النموذج، بالرغم من بساطته، كان يفسر بعض الظواهر، لكنه كان بعيدا عن الواقع، بل كان أقرب إلى الأسطورة منه إلى العلم التجريبي.

ثم بعد ألفي سنة تقريبا، جاء كوبيرنيكوس (1473 - 1543م)، الذي

فكّر بطريقة مختلفة، وطرح احتمالا جديدا: ماذا لو كانت الشمس هي المركز، والأرض تدور حولها؟

لقد كانت الفكرة بمثابة قنبلة عقائدية في زمانه، حيث شكك في معتقدات الكنيسة التي كانت تهيمن على الفكر، وتجعل من الأرض مركزا للكون.

ثم يأتي الدور على غاليليو غاليلي (1564 - 1642م) ويوهان كِيبلر (1571 - 1630م)، اللذان عملا معا لتقديم أدلة جديدة تدعم هذا التحول في الفكر. واكتشف غاليليو، من خلال تلسكوبه، أن القمر ليس مسطحا كما كان يُعتقد، بل هو مساحة غير منتظمة مليئة بالحفر. كما لاحظ أن الكواكب ليست كالنجوم الثابتة، بل هي أجرام متحركة.

وأما كبلر، فقد وضع قوانين الحركة الكوكبية، التي أظهرت أن الكواكب تدور حول الشمس في مدارات بيضاوية.

وكانت هذه الاكتشافات مجرد بداية، مهدت الطريق لفهم أكبر وأكثر دقة، وهو ما سيقوم به نيوتن (1642 - 1727م)، حيث جمع كل هذه الأفكار في قوانين الحركة والجاذبية، التي سمحت بتفسير كيفية تحرك الأجرام السماوية.

لقد كانت نظرية نيوتن نقطة تحول في تاريخ الفكر البشري، حيث بدأ الإنسان يكتسب أدوات تمكنه من فهم الكون بشكل مادي، حتى صار

ممكنا التنبؤ بمآل الظواهر، وحساب مواقع الكواكب، بمعادلات حسابية نظرية، تؤكدها فيما بعد المراقبة البصرية. فبدأنا نرى في السماء نظاما محكما، قائما على قوانين طبيعية ثابتة.

هنا وجد المنهج العلمي، الذي يتبع مسارا متسلسلا، بعدا جديدا يتمثل في عناصر ثلاث متناسقة ومتكاملة في منطق دقيق:

1- الملاحظة:

في العلوم الدقيقة، تبدأ العملية العلمية بملاحظة ظاهرة معينة، قد تكون متكررة وواضحة، مثل حركة الكواكب في السماء، أو قد تكون غامضة وصعبة الفهم، مثل سلوك الضوء أو الجسيمات الدقيقة.

والملاحظة إذن هي نقطة الانطلاق وبداية الطريق العلمي المنهجي، حيث يلتفت العلماء إلى الأشياء التي تحدث في الكون ويسجلون كل تفاصيلها.

2- إنشاء النظرية:

بعد أن يتم جمع الملاحظات وترتيبها، يبدأ العلماء في إنشاء نظرية لتفسير هذه ظاهرة.

والنظرية إطار فكري يحاول تفسير الملاحظات الموجودة في الطبيعة، يجب أن يكون قابلا للاختبار، أي أن تكون النظرية قادرة على تقديم تنبؤات حول ما قد يحدث في المستقبل.

وعلى سبيل المثال، كانت نظرية الجاذبية التي اقترحها نيوتن، محاولة لتفسير حركة الأجرام السماوية، والظواهر اليومية التي تحدث على الأرض، والتنبؤ بما تصير إليه.

3- التجربة

لكن العلوم الدقيقة لا تكتفي بالنظريات، بل لابد من التأكد من صحتها عبر التجربة، وهي اختبار للنظرية عبر نتائج ملموسة على أرض الواقع، تنبأت النظرية بحدوثها، فيتم تصميم التجارب، أو المراقبات، لاختبار التنبؤات التي قدمتها النظرية في سياقات مختلفة.

فإذا كانت النتائج موافقة للتنبؤات النظرية، فإن ذلك يبرهن على صحة النظرية، ولا سبيل للطعن فيها. وإذا لم توافق النتائج تنبؤات النظرية فيتم رفضها، ومن ثم العودة إلى الملاحظات لتطوير فكرة جديدة.

من خلال الدورة المتكاملة والمتناسقة بين: الملاحظة ثم النظرية فالتجربة، يبني العلماء فهما أعمق للقوانين التي تحكم الكون. وهذا هو المنهج الفيزيائي الذي يمكِّننا من فهم ظواهر الطبيعة، بطريقة منهجية وموثوقة.

هذه المبادئ مكنت العلماء من تقديم اكتشافات ضخمة غيرت مسار البشرية، مثل قوانين الحركة لنيوتن، ونظرية النسبية لأينشتاين، وغيرها من الثورات العلمية التي ساهمت في توسيع آفاق العلم والفهم.

والمراحل الثلاث التي يتشكل منها المنهج العلمي الفزيائي، لم تكن لتخفى على العلماء المسلمين، فقد ذكرها أبو حامد الغزالي (1058-1111م) في مؤلفاته، ولكنه أفضى، مع الأسف، أنها لا تُطبق على تفسير الظواهر الكونية والطبية.

وكان الغزالي من كبار علماء المسلمين في الفقه والأصول والفلسفة والتصوف، وأذكر هنا تأليفه المعنون بـ "تهافت الفلاسفة"، الذي انتقد فيه بشدة فلاسفة الإسلام المتأثرين بالفكر اليوناني كالفارابي وابن سينا، ومعنى الفلسفة هنا يشمل كذلك العلوم الطبيعية التي لم تستقل بعدُ بذاتها.

لم يكن الغزالي خصما مباشرا للعلوم الطبيعية كالفلك والطب والحساب والكيمياء، بل انتقد الفلسفة الميتافيزيقية التي تمزج بين العقائد والفلسفة العقلانية، على نحو يخالف الشريعة.

ومع ذلك، فقد أدى تأثيره على المبادرة العلمية إلى نتائج سلبية تفاقمت بعد قرون، وتتجلى في:

1. فصله بين "علوم الدين"و "علوم الدنيا"، جعل العلماء المسلمين يميلون إلى ترك العلوم العقلية التجريبية، خشية أن تصطدم مع العقيدة أو تُصنّف كعلوم "غير نافعة".

2. نقده للفلاسفة، وبذلك كان يُنعت علماء غير الفقه والتفسير واللغة، خلق مناخا من التوجّس تجاه العلوم العقلية التجريبية،

واعتُبرت بعض فروع الرياضيات والفلك وعلوم الطبيعة مقدمةً للفلسفة، التي هاجمها الغزالي، مما جعلها تُهمّش في كثير من المدارس الإسلامية لاحقا.

3. هيمنة التصوف والفقه على العقل العلمي بعد الغزالي، وخصوصا في المشرق الإسلامي، حيث قلّ من يهتم بتطوير العلوم التجريبية، وبدأت المؤسسات التعليمية تقتصر على الفقه والنحو والتفسير.

ومع ذلك، لا يمكن تحميل الغزالي وحده مسؤولية هذا التحول، فقد لعبت عوامل سياسية واجتماعية دورا مهماً، غَيْرَ أن تأثير الغزالي كان حاسماً في ترجيح كفة العلوم الشرعية على حساب العلوم التجريبية في القرون الموالية، ولو أن هذا لم يكن لينفي ذاك.

ولعل حقبة نيوتن كانت مفصلية، وأسست لبداية هيمنة الغرب على العلوم الحديثة، نظرية كانت أو تطبيقية، بينما صار انكماش العالم الإسلامي على نفسه يمثل خطرا داهما. فالعلوم الحديثة، في الفيزياء والكيمياء وغيرهما لم تبقى حبيسة المختبرات، بل صارت تطبيقاتها تفيد المجال العسكري والحربي، وتنبئ بالتفوق الذي لا رجعة فيه على كل من تخلف عن الركب العلمي الحديث.

الفصل الثالث: نيوتن والقوانين التى غيرت العالم

عندما نتحدث عن نيوتن (1642 - 1727م)، نتحدث عن تحول جذري في فهم الإنسان للعالم من حوله، من الصعب أن نقدر حجم تأثيره على العلوم الحديثة، ولكنه كان بالفعل ركيزة أساسية في تأسيس ما نعرفه اليوم عن الفيزياء.

فَقَبْلَ نيوتن، كان العلماء قد طوروا العديد من المفاهيم التي تشرح بعض الظواهر الطبيعية، مثل حركة الأجرام السماوية أو سلوك الضوء. لكن كان هناك فجوات كبيرة في دمج هذه الظواهر معا، في نظرية واحدة تفسر الكل.

ولم يكن هناك إطار شامل يربط هذه الظواهر ببعضها، وكان فهم الكون مبعثرا، في حاجة إلى رابط يوحد تفسير كل تلك الظواهر، فجاء نيوتن ليقدم لنا ذلك الرابط، في مُؤلفه "المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية " عام 1687م، حيث قام بتوحيد أفكار العديد من العلماء الذين سبقوه وأيضا أفكاره الخاصة، فقدم قانون الجاذبية العامة، وقوانين حسابية رياضية تفسيرية لحركة الأجسام.

قوانين الحركة الثلاثة:

القانون الأول (قانون القصور الذاتي):

ينص هذا القانون على أن الجسم الذي يكون في حالة سكون يظل في سكون، والجسم الذي يتحرك يظل في حركة مستقيمة بسرعة ثابتة، ما لم تؤثر عليهما قوة ما.

القانون الثاني (القوة = الكتلة × التسارع):

يفسر هنا نيوتن معنى القوة المنصوص عليه في القانون الأول، ويحدد هذا القانون العلاقة بين القوة التي تؤثر على الجسم والنتيجة التي تحدثها. فإذا طبقنا قوة على جسم ما، فإن الجسم تتسارع سرعته بمقدار يتناسب مع تلك القوة وبالنظر إلى كتلته. وبعبارة أوضح، إذا دفعت بيديك بنفس القوة دراجة هوائية فسوف تكسبها تسارعاً أكبر، من إذا فعلت ذلك مع سيارة ذات الكتلة الأكبر.

وتطبيق هذا القانون، يسمح بتحديد دقيق للقوة التي يجب توفيرها مثلا لنقل سرعة قطار بخاري متوقف من 0 إلى 60 كيلومتر في الساعة. وينطبق ذلك بالطبع كذلك على الطائرات والسفن والصواريخ، وكل جسم مُحَرك.

القانون الثالث (لكل فعل ردة فعل متساوٍ ومعاكس):

ويعني أن أي قوة تطبق على جسم، فإن الجسم يَرُد بنفس القوة ولكن في الاتجاه المعاكس، وكأنه يرفض الانصياع لتلك القوة.

وهذا القانون مثلا، يفسر حركة صاروخ في الفضاء: فالغاز المندفع من الصاروخ والناتج عن الوقود المحترق في اتجاه الأسفل، هو المسؤول على اندفاع الصاروخ في الاتجاه الأعلى.

كان **قانون الجاذبية** أعظم اكتشافات نيوتن، وينص على أن كل جسمين في الكون يتجاذبان. وهذا الاكتشاف غير تماما الطريقة التي نظر بها الناس إلى الكون، وأصبحت الجاذبية قوة متحكمة في كل مكان منه، تفسر حركة الأجسام على كوكب الأرض، ولكن كذلك حركة الكواكب والنجوم والأجرام السماوية، بنفس القانون الفيزيائي.

كانت قوانين نيوتن ثورة علمية كاملة في وقتها، حيث مكنت، للمرة الأولى في تاريخ البشرية، العالِم الفيزيائي من شرح حركة الأجرام السماوية، بنفس القوانين التي تحكم الأجسام التي نعايشها في حياتنا اليومية. ولم تعد الأرض، كما كان يعتقد في السابق، هي مركز الكون، بل أصبحت جزءً من نظام كوني متناسق أكبر وأشمل.

وظلت قوانين نيوتن لقرون قاعدةً أساسيةً يُبنى عليها العلم الفيزيائي، لأن ما كان يبدو معقداً، أصبح مفهوماً من خلال قوانين بسيطة ومترابطة.

وقبل نيوتن، كانت الفيزياء وعلم الفلك يسيران في مسارات منفصلة، لكن قوانين نيوتن ربطت هذين الفرعين العلميين بشكل وثيق، مما أدى إلى تطور مذهل في فهم حركة الأجسام بشكل عام وشامل، فقد أثبت

نيوتن أن القوانين الأرضية تنطبق على السماء، والعكس كذلك صحيح، ووحّد الفيزياء الأرضية والسماوية في منظومة واحدة، وأسس لحسابات دقيقة في علم الفلك، ما زالت مستخدمة إلى اليوم.

لم تقتصر أهمية نيوتن العلمية فقط على اكتشافاته الخاصة، فقد كان له دور كبير في تغيير الطريقة التي يرى بها الغربُ العِلمَ، ومُنح إسحاق نيوتن أرفع الأوسمة في عصره، و تم تعيينه رئيسًا للجمعية الملكية البريطانية سنة 1703، واحتفظ بهذا المنصب حتى وفاته. ومُنح نيوتن عام 1705، لقب فارس من طرف ملكة بريطانيا، فأصبح يُعرف منذ ذلك الحين بـالسِّيرْ إسحاق نيوتن، وهو لقب تشريفي يُعد صاحبه من النبلاء. وهذا يدل أن نيوتن كان يحظى باحترام وتقدير الحاكم السياسي لأكبر قوة غربية آنذاك، ومن ثم أثر على توجيه سياسة الدولة نحو تشجيع البحث العلمي وتمويله.

إن نيوتن جعل العقل البشري قادرا على النظر إلى الكون ككل موحد، يسير وفق قوانين ثابتة، يمكن التنبؤ بنتائجها، وجعل من الفيزياء علماً تجريبيا دقيقا، يَعتمد على الرياضيات والحساب للتنبؤ بالأحداث والظواهر.

لقد كان نيوتن مؤسِّسا لأسلوب جديد في المقاربة العلمية، فرضَ عليها منهج النظام والانتظام والمنطق والحساب، ففتح الطريق لتطورات علمية لاحقة عظيمة.

ومن غريب الصدف، أن سنة وفاة نيوتن توافق سنة وفاة سلطان المغرب العظيم المولى إسماعيل بن الشريف عام 1727م، حيث دخل المغرب في مرحلة عصيبة، أطلق عليها المؤرخون "عصر الفتنة".

الفصل الخامس: قانون الجاذبية

عندما رأى نيوتن تفاحة تسقط من الشجرة، لم يكن يراقب مجرد ظاهرة عادية، بل كان يحاول فهم الرابط بين هذه السقطة البسيطة وحركة الأجرام في السماء. هذا الرابط أصبح أساس علم جديد يُعرف بـ الميكانيكا السماوية. وهي الفرع الفيزيائي الذي يدرس حركة الأجسام في الفضاء، مثل الكواكب والأقمار والمذنبات، ويبحث في القوى التي تحكم هذه الحركات.

كان نيوتن، كما أسلفنا، أول من وضع قانوناً يربط بين سقوط التفاحة على الأرض، ودوران القمر حول كوكب الأرض، ودوران الكواكب حول الشمس. وخلص إلى أن هذه الظواهر كلها تخضع لقوة واحدة: قوة الجاذبية.

صاغ نيوتن هذا القانون، كما سبق، في عبارة رياضية بسيطة:

"كل جسمين في الكون يجذبان بعضهما بقوة تتناسب مع حاصل ضرب كتلتيهما، وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما".

ويعني ذلك أن كلما كان الجسمين أثقل كانت الجاذبية بينهما أقوى، وكلما ابتعدت الأجسام عن بعضها، كانت الجاذبية أضعف، وهذا ينطبق على كل ما هو موجود في الكون، ويفسر مثلا حركتي المد والجزر، فهما خاضعتان لقوة الجذب التي يحدثها القمر على كتلة الماء في

البحر، ودوران الأرض حول نفسها يبعد كتلة ماء البحر عن تأثير القمر أو يقربها منه، وبذلك يقع المد والجزر.

سمحت تطبيقات الميكانيكا السماوية من تفسير عدة ظواهر طبيعية:

- تفسير مدارات الكواكب حول الشمس، و القيام باحتسابها رياضيا.
- تفسير عدم سقوط القمر على الأرض رغم الجاذبية، ذلك أن السرعة التي يدور بها حول الأرض تخلق قوة معاكسة لقوة الجاذبية وبنفس القيمة (مثال الدراجة النارية التي لا تسقط فيما يسمى "حائط الموت")، وهكذا لا يخرج القمر عن مداره ولا يذهب في الفضاء بالرغم من السرعة التي يتحرك بها، وكذلك لا يسقط على الأرض بفعل الجاذبية. ونفس التفسير ينطبق على الكواكب التي تدور حول الشمس.
- تفسير ظواهر الكسوف والخسوف، والتنبؤ بتواريخها.
- حساب مدارات الأقمار الاصطناعية، حتى تبقى متحركة في مدار معين حول الأرض، فلا تقع عليها ولا تسيح في الفضاء.
- دراسة مسارات المذنبات والكويكبات، والتنبؤ بمواقعها في أي لحظة مستقبلية، واحتساب احتمال ارتطامها بكوكب الأرض.

ونقف هنا لنبين مسألة علمية جديرة بالتفكير والتفكر، حول ذكر الشمس والقمر مقرونان ببعضهما في عدد من الآيات القرآنية الكريمة. فبالرغم

من أن حجم القمر أقل من حجم الشمس بأربعمئة مرة، فإننا نرى (بصرية) أن حجم الشمس يساوي بالضبط حجم القمر، مما يسمح بوجود الكسوف الكامل، دون زيادة أو نقصان، وتلك آية جمالية رائعة حبانا بها الخالق عز وجل، فالمسافة التي تفرق الأرض عن الشمس تكبر كذلك بأربعمئة مرة المسافة التي تفصلنا عن القمر، وبالتالي نرى الشمس والقمر من كوكب الأرض بالضبط بنفس الحجم، وكأنهما توأمان.

خاتمة الباب الأول

في هذا الباب، انتقلنا من أفكار الفلاسفة القدماء، التي كانت تعتمد في معظمها على التأمل العقلي، إلى لحظة فارقة في تاريخ المعرفة، جعلت من الفيزياء علما تجريبيا صارما ودقيقا.

رأينا كيف بدأ الإنسان بمحاولة فهم الظواهر اليومية، ثم تطورت هذه المحاولات على يد علماء الإسلام الذين أُولوا الملاحظة والتجربة أهمية كبيرة. ثم بعد قرون، جاء إسحاق نيوتن ليمنح الفيزياء أساسا رياضيا دقيقا، جعلها تدخل عصرا جديدا من الثقة والانضباط العِلميين.

لقد وضع نيوتن قوانين تبدو بسيطة، لكنها فسّرت ظواهر معقدة، وبذلك ولدت الفيزياء الكلاسيكية، التي ستُستخدم لمدة قرنين كاملين لتفسير أغلب الظواهر المعروفة. ولابد أن نشير، أن الرحلات الفضائية نحو القمر، استعملت فيزياء نيوتن، وكان احتساب الوقود الضروري لرحلة الذهاب والعودة، يعتمد على قانون الجاذبية، وعلى تفوق جاذبية القمر على جاذبية الأرض في رحلة الذهاب، والعكس في رحلة الإياب. فيكفي من الوقود في الذهاب ما يسمح من الخروج من جاذبية الأرض والدخول في جاذبية القمر لتصل إليه المركبة الفضائية دون الحاجة إلى طاقة إضافية، وكذلك في رحلة العودة، يكفي من الوقود ما يخرج المركبة من جاذبية القمر ويدخلها في جاذبية الأرض.

مع نهاية القرن التاسع عشر، بدأت قوانين نيوتن تصطدم بظواهر جديدة

لا تنصاع لها، كمثل انتقال الحرارة، **و**طبيعة الضوء، وفشل نظرية نيوتن في تفسير حركة الجسيمات الصغيرة جدا.

سوف نخصص الباب الثاني، لتوضيح وتفسير ذلك وغيره.

الباب الثاني: من النظريات إلى التطبيقات

الفصل الأول: الحرارة والحركة والطاقة

لطالما عرف الإنسان أن النار تُدفئ وتُحرق، وأن الاحتكاك يولد الحرارة.

لكن، ولقرون عديدة، لم يكن هناك تفسير علمي دقيق لمصدر هذه الحرارة أو لطبيعتها: هل هي مادة خفية؟ أم سائل يتدفق؟ أم مجرد حركة؟

في القرن الثامن عشر، كانت الفكرة السائدة أن الحرارة ناتجة عن مادة اسمها "كالوريك"، تسيل من الأجسام الساخنة إلى الباردة.

لكن هذه الفكرة واجهتها عدة اعتراضات، خصوصاً مع ظهور التجارب الحرارية التي أظهرت أن الحرارة قد تتولد من الحركة وحدها، دون أي مادة مضافة أو ناقصة.

كان رامفورد، ضابطا وعالما أمريكيا–بريطانيا، واسمه الحقيقي بنيامين طومسون (1753م، 1814م)، اشتهر بالكونت رامفورد بعد أن نال لقبا شرفيا من الحكومة البافارية. وقد لاحظ عند صنع المدافع، أن حرارة هائلة تُنتج بمجرد ثقب المعدن، رغم أن لا مادة حرارية تُحقن أو تُستهلك، فقال: "لو كانت الحرارة مادة، لما أمكن إنتاجها من خلال حفر المعدن، إذن لا بد أن تكون الحرارة نتيجة لحركة الحفر".

كان هذا أول إعلان صريح بأن الحرارة ليست مادة، بل شكل من أشكال الطاقة، وبدأ العلماء يفهمون أن الجزيئات والذرات التي يتكون منها أي جسم تهتز وتتحرك باستمرار، وكلما كانت حركتها أشد وأسرع، زادت حرارة الجسم، وبالتالي استُنتج أن الحرارة هي حركة داخلية مجهرية، واحتكاك وتصادم بين مكونات الجسم المجهرية.

هذا الفهم كان ثوريا في زمانه، مهّد لظهور ما يسمى بالفيزياء الحرارية، ومفهومها أن الطاقة لا تفنى وكذلك لا تُخلق من العدم، بل تتحول من شكل إلى آخر. والطاقة الميكانيكية التي نمررها للمعدن عبر حفره، هي التي تتحول إلى حرارة.

وهكذا أصبحت الحرارة شكلا من أشكال الطاقة المتنوعة الأصناف.

هذه الاكتشافات لم تكن فقط نظرية، بل قادت إلى تطبيقات مذهلة، وأهمها المحركات البخارية، التي سمحت بصنع القطار والسيارة والسفينة، التي تعتمد على الحرارة البخارية في تشغيل محركاتها.

كان الفهم الجديد للحرارة أساسا لانطلاق الثورة الصناعية الأولى في أوروبا، ولولاه لما وُجدت آلات تحوّل الطاقة إلى عمل ميكانيكي.

وفي هذه الحقبة المفصلية، خرجت الفيزياء من المختبرات وصارت مكونا أساسيا للنهضة الاقتصادية التي أسست على المكننة وعوضت قوة الساعد البشري المحدودة.

صُنعت أول بارجة حربية بخارية في عام 1814م، من طرف المخترع الأمريكي روبرت فولتون (1765–1815م)، وهي أول بارجة بخارية مسلحة في التاريخ، مما كرس الهيمنة الغربية على البحار، ومن نتائجها طرد العثمانيين من الجزائر واحتلالها من طرف فرنسا عام 1830م.

وبحلول سنة 1859 وقعت حرب تطوان بين إسبانيا والمغرب، وكانت إسبانيا قد بدأت في تحديث أسطولها البحري باعتماد السفن البخارية المزودة بمدافع طويلة المدى.

وأثناء الحرب، لعب هذا الأسطول دورا حاسما، حيث قصف السواحل المغربية وخاصة منطقة تطوان، ونقل الجنود والإمدادات بسرعة وفعالية من الموانئ الإسبانية إلى السواحل المغربية، ثم فرض الحصار البحري لمنع الإمدادات عن القوات المغربية. في حين، كان المغرب لا يزال يعتمد على تقنيات تقليدية في التسليح والتنقل البحري، مما أدى إلى هزيمته، ومن ثم خضوعه لشروط تصالحية ثقيلة تتمثل في دفع تعويضات هائلة لإسبانيا، اضطر المغرب أن يستدين من دول أوروبية لتسديدها.

إن هذا التحول المعرفي التكنلوجي، الذي جهله أو تجاهله العالم الإسلامي، وُوجه بمعارضة قوية من بعض العلماء المسلمين سامحهم الله، حتى أن بعضهم، جهلا بهذه المفاهيم العلمية الحديثة، أفتى بعدم شرعية استعمال هذه الآلات، مثل القطار والسيارة البخاريين والهاتف

والكهرباء...إلخ، وبُني الحكم الشرعي المحرم لتلك الآلات بالقياس على تحريم السحر واستعمال الجن، وهو التفسير الوحيد التي وصلت إليه النخبة المتعلمة لتفسير عمل واشتغال تلك الآلات.

الفصل الثاني: الكهرباء والمغناطيس

بدأ اهتمام الإنسان بالكهرباء والمغناطيس منذ العصور القديمة، لكن فهمهما العلمي لم يتطور إلا في العصور الحديثة، حين أصبح من الممكن دراستهما بتجارب مضبوطة ومنهجية.

كان الفيلسوف الإغريقي طاليس (عاش في القرن السادس قبل الميلاد) أول من لاحظ أن دعك قطعة من الكهرمان بالصوف يجعلها تجذب أشياء خفيفة مثل قصاصات الورق أو التبن. لم يكن يعرف السبب، لكنه لاحظ الظاهرة وسجّلها. وقد سمّى الإغريق هذه المادة "إلكترا"، ومنها جاءت كلمة "electricity" الإنجليزية.

أما المغناطيس، فقد لوحظت منذ القديم في الحجارة الممغنطة التي كانت تُستخرج من منطقة "مغنيسيا" في آسيا الصغرى، وكانت تجذب الحديد دون لمس.

رغم هذه الملاحظات القديمة، ظلّ فهم الكهرباء والمغناطيس سطحيا حتى نهاية القرن الثامن عشر، حيث بدأ العلماء يصنعون آلات لتوليد الكهرباء الساكنة وتجميعها، مثل "قنينة ليدن" التي كانت تخزن الكهرباء، واستخدمت في عروض علمية مدهشة.

لكن النقلة النوعية جاءت مع العالم الإيطالي أليساندرو فولتا (1745 – 1827م) الذي اخترع أول بطارية كهربائية سنة 1800، مكوّنة من

صفائح متناوبة من الزنك والنحاس، مفصولة بقطع مبللة من القماش. هذه "الكومة الفولتية" أعطت تيارا كهربائيا مستمرا، وفتحت الباب لدراسة الكهرباء كتيار مستمر التدفق.

في سنة 1820، لاحظ العالم الدنماركي هانز كريستيان أورستد (1777 - 1851م) أن مرور تيار كهربائي في سلك نحاس يؤثر على إبرة مغناطيسية قريبة، فينحرف اتجاهها. كانت هذه أول مرة يُثبت فيها أن الكهرباء تؤثر على المغناطيس.

بعد ذلك مباشرة، قام الفرنسي أندريه ماري أمبير (1775 – 1836م) بتطوير معادلات تصف هذه العلاقة بين الكهرباء والمغناطيس، وساهم في تأسيس ما أصبح يُعرف لاحقًا باسم "الفيزياء الكهرومغناطيسية."

ثم جاء فاراداي (1791 – 1867م)، الذي اكتشف ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي، ويتجلى في تحريك مغناطيس قرب سلك نحاسي، فيتولد في هذا الأخير تيار كهربائي. وهذا هو المبدأ الذي تقوم عليه المولدات الكهربائية إلى يومنا هذا، من خلال السدود والمحطات الحرارية والمحطات النووية والطواحن الهوائية، حيث تتحول الطاقة الحركية إلى تيار كهربائي.

لقد كان من المدهش أن الكهرباء والمغناطيس، وهما ظاهرتان مختلفتان أول وهلة، تتفاعلان وتؤثر كل منهما في الأخرى، فظهرت فكرة أن كلاهما وجهان لظاهرة واحدة.

هذا التوحيد المفهومي سيبلغ ذروته مع جيمس كليرك ماكسويل (1831 – 1879م)، الذي سنتحدث عنه في الفصل التالي، حين صاغ النظريات التي جمعت الكهرباء والمغناطيس في معادلات حسابية موحدة.

لكن ما يجب ذكره هنا، أن الكهرباء لم تعد مجرد شرارة من الكهرمان، ولا المغناطيس مجرد حجر طبيعي، فقد أصبح كل منهما عنصرا من عناصر فهمنا الأساسي للطبيعة، وبدأت ملامح فيزياء جديدة بالظهور، وهي فيزياء الموجات والقوى، مختلفة عن فيزياء الكتل والأجسام الصلبة النيوتنية، مما فتح المجال لنقل الطاقة وتوزيعها عبر الكهرباء، واختراع المواصلات اللاسلكية والرادار وآلة الراديو وجهاز التلفزة.

الفصل الثالث: النظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل

هل تساءلت يوما عن أساس اشتغال المذياع؟

كيف يتمكن جهاز من نقل الصوت عبر مسافات بعيدة تقاس بمئات الكيلومترات؟ فيُمكِّننا من سماع صوت مذيع، ربما يوجد في دولة أخرى، وكأنه يوجد جوارنا في نفس المكان.

إن الموجات الكهرومغناطيسية التي تسافر عبر المسافات، هي المسؤولة عن نقل الصوت إلى المذياع الذي يلتقطها، ثم يحولها إلى إشارات كهربائية، ثم إلى ذبذبات صوتية من خلال مكبر الصوت.

والموجات الكهرومغناطيسية ليست مادية، أي ليس لها كتلة، ولكنها تحمل طاقة كهربائية مغناطيسية.

وخير مثال على هذه الموجات، شعاع الشمس الذي لا كتلة له، ولكننا نشعر بطاقة الشمس تخترقنا، فترتفع حرارتنا حتى نتصبب عرقا.

وقد شهد منتصف القرن التاسع عشر تطورا هائلا في فهم العلاقة بين الكهرباء والمغناطيس، مع الحاجة إلى نظرية شاملة تفسّر هذه العلاقة وتوحدها في إطار رياضي دقيق. هذه المهمة قام بها عالم اسكتلندي يُدعى جيمس كليرك ماكسويل (1831 – 1879م).

كان ماكسويل رياضياً وفيزيائيا متميزا، واستطاع في ستينيات القرن التاسع عشر أن يصوغ مجموعة من المعادلات التي أصبحت فيما بعد

تُعرف باسم معادلات ماكسويل. هذه المعادلات الأربعة تصف كيف تتولد الحقول الكهربائية والمغناطيسية، وكيف تتفاعل فيما بينها. وأهم ما توصل إليه ماكسويل يتلخص في الآتي:

1. التيار الكهربائي يولّد مجالًا مغناطيسيًا: وقد سبق ولاحظ أورستد أن التيار المناسب في سلك يؤثر في إبرة مغناطيسية، ومعادلات ماكسويل فسّرت هذا التأثير بدقة رياضية.
2. تغيّر المجال المغناطيسي يولّد تيارًا كهربائيًا :وهي الظاهرة التي اكتشفها فاراداي وتُعرف بالحث الكهرومغناطيسي، وبها تُوُصِّلَ إلى صناعة المولدات الكهربائية والمحركات الكهربائية.
3. المجالات الكهربائية والمغناطيسية يمكن أن تولّد موجات تنتشر في الفضاء: وهنا كانت المفاجأة الأكبر، إذ بيّنت معادلات ماكسويل أن الضوء نفسه ما هو إلا موجة كهرومغناطيسية، تتكوّن من مجال كهربائي ومجال مغناطيسي متعامدين، يتحركان معا في الفضاء بسرعة ثابتة.

عندما حسب ماكسويل سرعة هذه الموجة الكهرومغناطيسية من خلال معادلاته، وجد أنها تساوي تماما السرعة المقاسة للضوء. من هنا توصّل إلى نتيجة ثورية، وهي أن الضوء نوع من الموجات الكهرومغناطيسية، لا أقل ولا أكثر.

هذا الربط بين الضوء والكهرباء والمغناطيس، مثّل قفزة هائلة في الفيزياء، وأعلن عن ولادة ما يُعرف بـ"الفيزياء الكهرومغناطيسية"، ومن نتائجها كل التطبيقات التي تسمح لنا بالتواصل عن بعد.

ونلخص الأثر العلمي للنظرية في:

- أصبحت معادلات ماكسويل أساسا لفهم موجات الراديو، والأشعة تحت الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية، والموجات الدقيقة، وغيرها من الظواهر التي لم تكن مفهومة سابقا.
- أصبح الضوء فقط موجة من بين الموجات، التي تختلف عن بعضها فقط بـ"طول الموجة" أو "التردد" وهما رديفتان، وخاصية الضوء هي في الحقيقة خاصية العين البشرية، التي ترى فقط موجات ذات ترددات معينة، ما بين 400 ألف جيكاهرتز (الضوء الأحمر) و790 ألف جيكاهرتز (الضوء البنفسجي).
- مكّنت هذه النظرية من اختراع أجهزة الاتصال اللاسلكي والراديو والتلفزيون، وأدخلت الفيزياء في عصر جديد.
- كان فهم تفاعل الكهرباء والمغناطيس أحد الركائز التي قامت عليها الثورة الصناعية الثانية، والانتقال من الألة البخارية إلى الآلة الكهربائية.

يمكن القول إن معادلات ماكسويل تُمثّل أعظم محاولة لربط القوى الطبيعية في ذلك الزمن، وهي تُعتبر حتى اليوم من أجمل المعادلات في الفيزياء، لرونقها الحسابي الرياضي ودقتها التنبئية.

الفصل الرابع: الضوء بين الموجة والجسيم

ظل الضوء لقرون طويلة لغزًا محيرًا للعلماء والفلاسفة. هل هو جسيمات كما ظنه نيوتن في القرن الثامن عشر؟ أم هو موجة كما اقترح آخرون؟

في القرن السابع عشر، انقسم العلماء في تفسيرهم لطبيعة الضوء:

- قال إسحاق نيوتن أن الضوء مكوَّن من جسيمات صغيرة مادية تنطلق في خطوط مستقيمة.
- قدم كريستيان هايغنزالهولندي (1629–1695م) نظرية مختلفة، تقول إن الضوء هو موجة تنتشر في الأثير، مثل موجات الماء.

في بداية القرن الثامن عشر، حدث تعارض شديد بين نظريتين فيزيائيتين لكل منهما مناصرين من علماء فطاحل في الفيزياء.

تقول النظرية الأولى أن الضوء يتكون من موجات، وأما النظرية الثانية فتقول أن الضوء يتكون من جزيئات مادية.

في القرن التاسع عشر، أثبتت تجربة بسيطة لتوماس يونغ (1773-1829م) أن الضوء يُظهر تداخلا وانحرافا، وهما سِمتان خاصتان بالموجات. وفي سنة 1850 اقترح الفيزيائي أركو تجربة برهنت على أن ضوء موجة وذبذبات وليست جزيئات.

وهكذا، بدا واضحا أن للضوء طبيعة موجية، كما برهنت عليه التجارب، وظُن أن النقاش حوْل الموضوع قد حُسم.

. ولكن في سنة 1885، قام الفزيائي هرتز بتجربة برهنت أن الضوء ليس موجة، بل لابد أن يتكون من جزيئات.

وهكذا بلغ التناقض أشده بين النظريتين، فكلاهما صحيح بالنظر إلى التجربة العلمية التي تؤازره.

في مطلع القرن العشرين، سيعود الموضوع إلى الواجهة، حيث لاحظ العلماء ظاهرة غريبة تُعرف باسم التأثير الكهروضوئي،: ويتجلى عند تسليط ضوء على صفيحة معدنية، في انبعاث إلكترونات منها. فكان الإشكال حينذاك، أن الموجة لا يمكن أن تزيل الإلكترونات من موقعها، ومن ثم، استخلص ألبرت أينشتاين (1879-1955م) عام 1905م، أن الضوء يتكون من كمّات، **أي** حُزم صغيرة من الطاقة، وسمى الحزمة الواحدة "فوتون"، وبحسب أينشتاين، لا يمكن فهم الظاهرة الكهروضوئية إلا إذا اعتبرنا أن الضوء يتصرف كجسيم لا كموجة، ويحمل كل "فوتون" منه طاقة محددة توازي تردده الخاص.

بفضل اكتشاف أينشتاين لطبيعة الفوتون، تطورت أدوات حديثة كالألياف البصرية، والألواح الشمسية التي تنتج الكهرباء من الطاقة الشمسية، وأجهزة الليزر، وأصبح الضوء أحد المفاتيح الرئيسية لفهم بنية المادة والكون.

وقد نال أينشتاين جائزة نوبل على نظريته المفسرة لهذه الظاهرة.

في سنة 1924م قدم الفزيائي دو بْرُويْ، وهو أحد الآباء المؤسسين لفيزياء الكم، نظرية حول ماهية الضوء، وهو موجات كهرومغناطيسية تستطيع العين التقاطها، وتسمح بالتفريق بين الألوان. وتوجد موجات كهرومغناطيسية لا تستطيع العين البشرية التقاطها، وهي ما تحت الحمراء وما فوق البنفسجية.

والنتيجة لكل ما سبق إذا، أن لنا تجارب مخبرية، بعضها تبرهن أن الضوء يتكون من موجات لا مادية، وأخرى على أن الضوء يتكون من جزيئات مادية. فخلُص الفيزيائيون أن للضوء طبيعة مزدوجة، جُزَيْئة وموجة في آن واحد، حيث طلب التأليف بين النظريتين، اعتماد فكرة أن الضوء أحيانا يتصرف كموجة وأحيانا كجسيم.

كانت هذه الخطوة من اللبنات الأولى في "فيزياء الكم"، التي تهتم بالظواهر الفيزيائية في العالم غير المرئي المتناهي الصغر، والتي تعيد النظر في مفاهيم الطاقة والمادة، كما سبق فهمها تاريخيا.

ومن أساسيات فيزياء الكم، إدخال الاحتمالات في وصف الظواهر، والتخلي على فرضية اليقين الفيزيائي، الذي كان يحتم على الشيء إما أن يكون موجة أو جزيئة، وعلى الجسم أن يتواجد فقط في مكان واحد من الفضاء.

نعم، لقد أجبرتنا فيزياء الكم على اعتبار أن الجزيئات الكمية، كالإلكترون مثلا، يمكن أن تتواجد في مواقع مختلفة في آن واحد. وبالطبع من الصعب، حتى على العقول ذات التكوين العلمي، قبول هذا الأمر والاعتراف به، ولو أن التجربة المخبرية برهنت عليه بشكل تام.

كما مكنت فيزياء الكم من تفسير صلابة المادة رغم الفراغ الهائل الذي بداخل ذراتها، حيث كانت الفيزياء الكلاسيكية غير قادرة على تقديم أي تفسير لذلك.

الباب الثالث: فيزياء الكم وتلاشي اليقين

فصل الأول: تقديم فيزياء الكم

تتبع العلماء عبر العصور مكونات المادة وحاولوا معرفتها وكشف أسرارها، وهذه خلاصة مبسطة للمعروف حاليا في هذا الباب:

المادة هي كل ما يشغل حيزا من الفضاء وله كتلة، من الكرسي الذي نجلس عليه، والهواء الذي نتنفس، والماء الذي نشرب.

وكل مادة في الكون تتكوّن من ذرات، وهي أصغر جزء من العنصر الكيميائي الذي يحتفظ بخواص المادة المعينة، وتتكون إما من ذرات توأم (غاز الأكسجين هو اتحاد ذرتين من الأكسجين)، أو من اتحاد عدة ذرات مختلفة (الماء مكون من اتحاد ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأوكسيجين).

وحتى نتصور أحجام الذرة، نقول أن كتلتها بالكيلوغرام تتراوح ما بين:

* 1.6735 مقسوم على واحد متبوع بـ27 صفر (ذرة الهيدرجين)

* 4.885 مقسوم على واحد متبوع بـ 25 صفر (ذرة الأوغانيسون).

وهي كتل صغيرة جدا، لا يمكن رؤيتها حتى بواسطة ميكروسكوب بصري، بل يتطلب الأمر تصويرها من خلال ميكروسكوب إلكتروني.

وبالرغم من صغر كتلتها، فإن الذرة تتكون من جزيئات أصغر منها، وهي النواة والإلكترونات، ويحمل الإلكترون شحنة كهربائية سالبة، ولا تعرف حاليا مكوناته، فيحسبه العلماء وحدة قاعدية أساسية من مكونات المادة.

وأما نواة الذرة، فتتكون من جسيمين أصغر:

* بروتون الحامل لشحنة كهربائية موجبة.

* نوترون الذي لا تحمل أي شحنة كهربائية.

وبالنظر إلى داخل البروتون والنوترون، نجد أنها تتكوّن من جسيمات أصغر تُسمى كوارك، وهي نوعين، وتعتبر وحدة قاعدية أساسية، لأننا لا نعرف حاليا مما تتكون.

تخضع المادة لأربع قوى أساسية، تضبط الكون وتسمح باستقراره وديمومته:

1. **القوة النووية الشديدة** :تربط الكواركات داخل البروتونات والنيوترونات، وتربط هذه الأخيرة داخل النواة.
2. **القوة الكهرومغناطيسية** :تجذب أو تنفر الجسيمات ذات الشحنات الكهربائية.

3. **القوة النووية الضعيفة** :مسؤولة عن بعض أنواع التحلل الإشعاعي، وتوصل العلماء أخيرا أنها بطبيعة كهرومغناطيسية، فتم التوحيد بينهما.

4. **قوة الجاذبية** :تؤثر على الأجسام ذات الكتلة، لكنها الأضعف على مستوى الذرات، بالنظر إلى الضعف الشديد للكتل في هذا المستوى.

والخلاصة أن المادة تتكوّن من ذرات، والذرات من نواة وإلكترونات، والنواة من بروتونات ونيوترونات، وهذه من كواركات.

ورغم أن كثيرا من الأشياء مِن حولنا تبدو صلبة، فإن البنية الأساسية للمادة مليئة بالفراغ.

وحتى نبين حجم هذا الفراغ "المحتمل" داخل الذرة، نقول أن الإلكترون يبعد عن النواة بحوالي خمس عشر ألف مرة قطر النواة نفسها. وحتى تكون الصورة أوضح لهذا الفراغ، سنقارن كوكب الأرض بالنواة والقمر بالإلكترون، فيكون القمر بعيدا عن الأرض، عوض 300 ألف كيلومتر، بأكثر من 19 مليار كيلومتر.

فكيف تكون المادة صلبة مع كل هذا الفراغ بداخلها؟

لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية الإجابة على هذا السؤال، فأتت فيزياء الكم بالإجابة.

الفصل الثاني: عندما تموج الإلكترونات

بعد أن أثبت إنشتاين أن الضوء، وهو في الأصل موجة، يمكن أن يتصرف كجسيم (فوتون)، ظهر سؤال علمي منطقي: بما أن الموجة الصرفة التي لا تحمل كتلة تتصرف كجزيئة مادية، هل تتصرف الجزيئات المادية التي تحمل كتلة هي كذلك كموجة؟

إن هذا السؤال الجريء كان بداية الطريق نحو مفهوم جديد قلب موازين الفيزياء الكلاسيكية نيوتُنية. وقد قدم الفيزيائي الفرنسي لويس دي ابْرُويْ (1892-1987م)، أطروحة للدكتوراه سنة 1924م، اقترح فيها أن كل جسيم مادي، مثل الإلكترون، يمكن أن يكون له كذلك سلوك موجي، أي أن المادة الصرفة لها تصرف موجي، كما أن الموجة الصرفة لها تصرف مادي.

هذه الفكرة كانت جذرية، لأنها تقترح أن الإلكترون، الذي نراه كجسيم وله كتلة حقيقية، يمتلك كذلك طول موجة يتناسب عكسيا مع كتلته وسرعته. ومعناه أن الجزيئات المادية المتناهية الصغر، تتصرف كذلك مثل الضوء في بعض الحالات، أي تتغاضى عن كتلتها.

لم تظل فكرة دي بروي حبيسة النظرية طويلا، ففي عام 1927، أثبت عالمان أمريكيان أن الإلكترونات التي لها كتلة، يمكن أن تُظهر نمطا من التداخل، تماما مثل الضوء، فكان هذا البرهان القاطع على أن المادة تتصرف كموجة تحت ظروف معينة.

وأعاد الفيزيائيون تجربة يونغ وطبقوها على الإلكترونات، واستعملوا وسائل حديثة للرصد والقياس، فأعطت التجربة نتائج يصعب على العقل تقبلها، وتظهر بجلاء أن الإلكترون له تصرف مادي وموجي، وأنه "يختار" كيف يتصرف حتى "يخفي" طبيعته للباحثين والدارسين.

وعلى سبيل التبسيط والتوضيح سوف نعتبر الإلكترونات عبارة عن كرات تنس، نرسلها على حائط فيه فتحتان، فمنطقيا إما تمر الكرة عبر الفتحة الأولى وإما تمر عبر الفتحة الثانية، وإما تصطدم بالحائط.

فنجد في النتيجة أن الإلكترونات تتصرف في الفتحتين وكأنها موجة، فتمر من الفتحتين في آن واحد، وهذا أمر طبيعي، إذ اعتبرنا مثلا أن الصوت كذلك موجة وذبذبات هوائية، ومن الطبيعي أن يسمع الصوت في آن واحد شخصين يضعان أذنيهما، كلا على فتحة من الفتحتين.

إذن يمكن أن نقول أن الإلكترون يتعامل مع الثقبين بطبيعته الموجية، ويمر منهما معا كما كان منتظرا، ونجد نتيجة ذلك في جهاز القياس الذي يوضع مباشرة بعد الفتحتين.

ولكن بما أن الإلكترون جزيئة مادية ولها كتلة، مهما صغرت ولكنها موجودة، فلابد للكتلة أن تمر من إحدى الفتحتين، فمن أي الفتحتين تمر كتلة الإلكترون؟

وضع الفيزيائيون جهاز قياس قبل الفتحتين حتى يرشدهم إلى الفتحة

التي تمر منها كتلة الإلكترون.

وفعلا تمكنوا من ذلك وحددت أي الفتحتين استعملت لمرور الجزيئة، ولكن وقعت المفاجئة في الجهاز الذي يقيس الموجات بعد الفتحتين، حيث أخبر بأنه لم يستقبل أي موجة، وكأن الإلكترون تخلى على طابعه الموجي، وصار بتصرف كأنه فقط كتلة تخضع للفيزياء التقليدية، تماما كما كانت ستفعله كرة التنس.

فقيل ربما أثر جهاز القياس الموجود قبل الفتحتين على الجزيئة فجعلها تفقد طابعها الموجي؟

لذلك وضع جهاز قياس فتحة المرور بعد الفتحتين وليس قبلهما، وبذلك يُعلم، بعد مرور الإلكترون، من أي الفتحتين مر، دون أن يفقد طابعه الموجي، حيث أن القياس يكون بعد المرور وليس قبله.

وهنا تحصل المفاجئة التي لا يتقبلها العقل، حيث أن الإلكترون كأنه يعلم سبقا ما يُبيَّت له، فيمر من إحدى الفتحتين فقط ويتخلص من طابعه الموجي، قبل تعامله مع جهاز القياس.

ويتكرر الأمر مع توالي إرسال الإلكترونات عبر الفتحتين، فإن لم نشغل جهاز قياس فتحة المرور، يتصرف الإلكترون وكأنه موجة ويمر من الفتحتين، وإن شغلنا جهاز قياس فتحة المرور، تصرف كأنه كتلة تقليدية.

وهذا إشكال كبير، لأن الإلكترون يغير مسبقا طبيعته كأنه يعلم أننا قررنا القيام بقياس فتحة مروره قبل أن تصل إلى موقع الفتحة.

لا جواب للفيزيائيين الآن على هذا الإشكال، لأن الأمر يتطلب من الإلكترون "معرفة ما سيقع في المستقبل"، وهذه إحدى الأسئلة الغريبة التي وضعتها فيزياء الكم.

وعلى أي حال، وُلد هنا مبدأ أساسي في فيزياء الكم، وهو ازدواجية الطبيعة. فكل كيان متناهي الصغر، سواء فوتون أو إلكترون أو حتى ذرة، يمكن أن يتصرف كموجة أي طاقة بلا مادة، أو كجسيم مادي.

هذا الاكتشاف أحدث ثورة عميقة في نظرتنا للعالم:

- لم يعد هناك حدّ قاطع بين المادة والطاقة.
- أصبحت مفاهيم "الموقع" و"السرعة" مبهمة في العالم الذري ودونه.
- وُضعت الأسس لفهم الذرة، والإلكترونات، وكل الظواهر الكمية الحديثة.

الفصل الثالث: مبدأ الريبة

في الفيزياء الكلاسيكية أو نيوتنية، كان يُعتقد أن كل شيء يمكن قياسه بدقة: موقع الجسم، سرعته، طاقته، وكل خصائصه. وكان يُنظر للعالَم كآلة دقيقة، إذا عرفنا حالتها الآن، استطعنا أن نتنبأ بمستقبلها تماماً.

لكن فيزياء الكم جاءت لتُحدث شرخا عميقا في هذا التصور. ففي الفيزياء الكلاسيكية، إذا علمنا موقع وسرعة والقوة التي تطبق على جسم ما، بوسعنا وبكل دقة التنبؤ بموقعه وسرعته في أي زمن لاحق. ولكن في عام 1927، تمكن الفيزيائي الألماني ڤرنر هايزنبرغ (1901 –1976) من كسر هذا اليقين ، وقدم مبدأ جديدا غيّر فهمنا للواقع، سماه **مبدأ الريبة** أو **مبدأ عدم اليقين**.

وينص هذا المبدأ أنه لا يمكننا أبدا أن نعرف بدقة، في الوقت نفسه، موقع جسيم ما وسرعته، **و**كلما حاولنا تحديد أحدهما بدقة، زادت الريبة وعدم الدقة في التنبؤ بالآخر واحتسابه.

ولا يتعلق الأمر بنقص في دقة أدوات القياس، بل هو طبيعة العالم الكمومي نفسه، فالجسيمات دون الذرية لا تمتلك موقعا وسرعة محددين في نفس الوقت، بل توجد في حالة احتمالية، تتعدد فيها الإمكانيات.

أحدث هذا المبدأ ثورة ثقافية في عالم الفيزياء، فقد زُلزل اليقين، وطال الشك معادلات نيوتن، التي لا أساس لها في العالم الذري المتناهي الصغر.

وتتمثل هذه الثورة الفكرية في:

1. **نهاية الحتمية**: لم يعد بالإمكان التنبؤ الدقيق بسلوك الجسيمات، كما وقع التنبؤ سابقا بسلوك الأجسام الكبيرة في الفيزياء الكلاسيكية.
2. **الاحتمال أساس الواقع:** في العالم الذري، لا تحدد القوانين الفيزيائية ما سيحدث، بل تعطي احتمالات لما قد يحدث، ويمكننا فقط تحديد نوعية الممكنات واحتمالات وقوعها.
3. **القياس يُغير الشيء المُقاس:** مجرد محاولة قياس جسيم يؤثر عليه ويغيّر طبيعة تصرفه، حتى قبل القياس، وكأن الجسيم "يعلم" مسبقا أننا سنقوم بقياسه.

عارض هذا المفهوم الثوري كثير من العلماء، وعلى رأسهم ألبرت أينشتاين، فقد كان يرفض أن يكون الاحتمال، وليس اليقين، أساسا في قوانين الطبيعة، الشيء الذي يتعارض مع العقيدة الدينية حسب فهمه.

لكن مع مرور الزمن، أكدت التجارب أن مبدأ الريبة هو ركن جوهري في فيزياء الكم، وأنه ليس مجرد نقص في المعرفة، بل قانون من

قوانين الطبيعة، أراده الله تعالى لها، لا كما افترضه بعض البشر للحُكم الإلهي، حيث حاولوا تقييده حسب فهمهم الشخصي للنصوص الدينية، فعِلمُه تعالى غير متناهي بالنسبة لما فتحه على البشر، وقد قال عز وجل في سورة الإسراء، الآية 85:

وَمَا أُوتِيتُم مِّنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا

الفصل الرابع: الذرة بين القفزات والاحتمالات

كان الفيزيائي الدنماركي نيلز بور (1885 – 1962) على رأس المدرسة الجديدة، أي فيزياء الكم، التي عارضها أينشتاين.

وكانت الذرة لقرون تُصوَّر كجسم صغير صلب، فجاء القرن العشرون بقفزات علمية غيرت هذا التصوّر جذريا.

قدم نيلز بور، سنة 1913م، نموذجا جديدا للذرة، أصبح نقطة تحوّل في تاريخ الفيزياء. وقبله، كانت الذرة تُشبَّه بالنظام الشمسي، أي نواة في الوسط تدور حولها الإلكترونات، كما تدور الكواكب حول الشمس.

لكن هذا التصور كان يواجه إشكالية كبيرة، فحسب قوانين الكهرومغناطيسية، الإلكترون الذي يحمل شحنة كهربائية سالبة، يفقد طاقته إذا دار حول النواة، فيسقط عليها ويلتحم بها لأنها تحمل شحنة كهربائية موجبة. وهذا يعني أن الذرات يجب أن تكون غير مستقرة لأن نظامها سوف يختل وبالتالي سوف تتغير مع الوقت، وهو ما يناقض الواقع.

قدّم بور تصورا مختلفا يمثل حلا ذكيا لهذه الإشكالية:

- الإلكترون لا يوجد في أي موقع عشوائي، بل في مواقع محددة تسمى "المدارات المسموح بها". واستعمال مصطلح **مدار** هنا مجازي، لأن الإلكترون لا يدور حول النواة.

- ما دام الإلكترون في أحد هذه المدارات، فإنه لا يفقد طاقته، ويبقى مستقرا.، ومن ثم لن يقع على النواة.
- إذا انتقل الإلكترون من مدار إلى آخر، فإنه يقوم بـ**قفزة كمومية**، ويُشع أو يَمتص طاقة بمقدار معين، لا يزيد ولا ينقص.

وأما القفزة الكمومية التي يقوم بها الإلكترون داخل الذرة، فليست قفزة في المكان كما نتصوره لأول وهلة، بل هي انتقال لحظي غير متدرج من حالة إلى أخرى، حيث أن الإلكترون لا يمر عبر المسافة بين المدارين، بل ينتقل فجأة، يختفي من مدار ويظهر في آخر في حينه ووقته.

وهذا يناقض تماما تصورات الفيزياء الكلاسيكية، ويؤكد الطبيعة اللاخطية وغير المتوقعة للعالم الذري. ففي العالم المرئي لا ننتقل من نقطة إلى أخرى إلا بعد قطع المسافة بينهما، بينما هذا الأمر لا ينطبق على الإلكترون داخل الذرة.

رغم نجاح نموذج بور في تفسير أطياف ذرة الهيدروجين، إلا أنه لم يستطع تفسير تصرف الذرات الأكبر والأعقد، فجاءت فيزياء الكم لاحقا بنماذج أكثر دقة، خاصة عبر مساهمات شرودنغر وهايزنبرغ.

الفصل الخامس: تكافؤ الكتلة والطاقة

أعلن أينشتاين عام 1905م معادلته الشهيرة، والتي تقول أن كل كتلة مهما كان نوعها يمكن أن تتحول إلى طاقة بمقدار وزن الكتلة مضروب في مربع سرعة الضوء. وهذا يعني أن الكتلة ليست سوى شكل مكثّف من أشكال الطاقة.

ولنبيِّن الأمر تماما، نقول أن كيلوغرام من أي مادة يحتوي حقيقةً على طاقة توازي طاقة 16 مليون برميل من النفط.

إن هذا المفهوم غيّر النظرة الفيزيائية التقليدية للمادة، فلم تعد شيئا ساكنا وصلبا، بل فقط خزانا للطاقة، وبذلك فَتح العلم كنزا غير متناهي لإنتاج الطاقة الضرورية لكل تقدم وازدهار بشري.

والمعروف حاليا، هو إمكانية إنتاج الطاقة من المادة على شكل حراري، إما عبر عملة الانشطار أو الاندماج النوويين.

ويحدث الانشطار النووي عندما تنقسم نواة ذرة ثقيلة، مثل ذرة اليورانيوم-235، إلى نواتي ذرتين أخف، ويصاحب ذلك تحرير طاقة حرارية، لأن الكتلة الكلية للنواتج أقل من الكتلة الأصلية للذرة المنقسمة، وبعض الفارق تحول من مادة إلى طاقة.

بدأ كل شيء في ديسمبر 1938، حيث قام العالمان الألمانيين أوتو هان (1879-1968م) وفريتز شتراسمان (1902-1980م) بتجربة قذف

نوى اليورانيوم 235 بنوترونات، فتشكل عنصر خفيف هو الباريوم، ولم يكن الأمر متوقعا آنذاك.

في يناير 1939، قدّم العالمان ليز مايتنر(1878-1968م) وأوتو فريش (1904-1979م)، التفسير لذلك وهو أن النواة تنقسم فعلا إلى قسمين أخف وتُطلق كمية من الطاقة، وأطلقا على هذه الظاهرة اسم "الانشطار النووي".

كان الإيطالي إنريكو فيرمي (1901-1954م) أول من أنشأ مفاعلا انشطاريا في التاريخ، وذلك عام 1942 في جامعة شيكاكو، ويُعد بذلك من الآباء المؤسسين للفيزياء النووية الحديثة.

يتأسس مبدأ المفاعل النووي، وكذلك القنبلة النووية، على ما يعرف بالتفاعل المتسلسل، وهي استعمال نوترون واحد في تقسيم ذرة ثقيلة (مثل اليورانيوم 235)، لإنتاج الحرارة زائد 2 أو 3 نوترونات، فتستعمل النوترونات الناتجة في تقسيم ذرات يورانيوم أخرى، وهكذا وبالتواتر، يُنتج كل تفاعل واحد نوتروناتٍ جديدة تنشأ عنها تفاعلات أخرى، إلى أن نستهلك كل الذرات الثقيلة، وبذلك نسمي هذه الأخيرة بالوقود النووي.

والمفيد في هذه التفاعلات النووية أنها تنتج حرارة كبيرة وتنتج النوترونات التي تحافظ على تواتر وتسلسل التفاعلات.

وهندسة المفاعلات النووية تتأسس على التحكم في عدد التفاعلات النووية المتسلسلة، وأما القنبلة النووية فترتكز على عدم التحكم في التفاعلات النووية وتركها تتواتر كما تشاء، مما يتسبب في انفجار نووي يُنتج حرارة هائلة.

أما في الاندماج النووي، فتتحد ذرات خفيفة لتكوين ذرة أثقل. وكما في الانشطار، فإن الكتلة الإجمالية بعد التفاعل أقل من كتلة العناصر الأولية المندمجة، والفارق قد تحول إلى طاقة حرارية. وهذه العملية هي التي تحدث في باطن الشمس وتولد طاقتها الهائلة.

إن هذه المعادلة "البسيطة" التي توازي الكتلة والطاقة، سمحت بإنتاج الكهرباء عبر مفاعلات المحطات النووية، وبصنع القنبلتان النووية والهيدروجينية، وفهم كيف تصنع النجومُ الطاقة المتوهجة منها، ومن ضمنها الشمس التي لولاها لما وجدت حياة على كوكب الأرض، فسبحان الخالق المصور.

كان إنشاء العلاقة بين الكتلة والطاقة خطوة جريئة نحو ثورة فيزيائية جديدة. واليوم، نحن نعيش في عصر تُستخدم فيه هذه الفكرة في أعقد التكنولوجيات، ومن ضمنها الغواصات ذات المحركات النووية التي يمكن أن تختفي في أعماق البحار لشهور عديدة، بل نظريا لأعوام عديدة، لأنها تتوفر على إنتاج الطاقة الضرورية لها لسنين، فلا يعرف العدو موقعها ولا يتمكن من تدميرها، ومن ثم يمكن للغواصات النووية

أن تطلق صواريخها المحملة بالقنابل النووية، وتضرب مدن العدو بكل دقة، ولو كان سباقا إلى ضرب المواقع الأرضية.

الفصل السادس: مشروع مانهتان، من الرسالة إلى القنبلة

يعتبر "مشروع مانهاتن" أضخم المشاريع الفيزيائية العسكرية في التاريخ، وقد أفضى إلى صناعة أول قنبلتين ذريتين في العالم، أي قنبلة اليورانيوم وقنبلة البلوتونيوم، ثم تفجيرهما فوق مدينتي هيروشيما وناكازاكي اليابانيتين في أغسطس 1945، مما وضع حدا للحرب العالمية الثانية وأدخل العالم في حقبة جديدة للإنسانية، تتميز بقدرة هذه الأخيرة على تدمير نفسها كليا، وسميت بحقبة "توازن الفزع"، حيث انقسم العالم إلى معسكرين، شيوعي وليبرالي، كل منهما قادر على تدمير الآخر تماما.

بدأ الأمر في غشت عام 1939 قبيل اندلاع الحرب العالمية الثانية، حيث كتب ألبرت أينشتاين رسالة إلى الرئيس الأمريكي فرانكلين روزفلت، بتحفيز من الفيزيائي المجري ليو زيلارد. ونبهت الرسالة إلى احتمال عمل ألمانيا النازية على تطوير سلاح فتاك هائل يرتكز على استخدام الانشطار النووي لليورانيوم.

في يونيو 1942 انطلق "مشروع مانهاتن"، مباشرة بعد دخول الولايات المتحدة الأميركية في الحرب العالمية الثانية، على إثر الهجوم الياباني المفاجئ على قاعدة بيرل هاربر الأمريكية في 7 ديسمبر 1941.

كان مشروع مانهاتن مشتركا بين الولايات المتحدة وبريطانيا وكندا، وأشرف على رئاسته الجنرال الأمريكي ليزلي غروفز، وكان الفيزيائي

روبرت أوبنهايمر المدير العلمي للمشروع، وعُرف فيما بعد بـ"أب القنبلة الذرية".

شارك في مشروع مانهاتن نخبة من كبار علماء الفيزياء آنذاك، وأذكر منهم: إنريكو فيرمي، ونيلز بور، وإدوارد تيلر، و ريتشارد فاينمان، وهانز بيته. والملاحظ أن أينشتاين لم يشارك في المشروع لأنه لم يُدعى لذلك.

مر المشروع عبر مراحل:

1- تطوير مفاهيم الانشطار النووي واختيار المواد الانشطارية: اليورانيوم-235 والبلوتونيوم-239.

2- إنشاء مختبرات في مواقع مختلفة، أبرزها مختبر "لوس ألاموس" في منطقة نيو مكسيكو الأمريكية، حيث بُنيت مدينة كاملة بأحيائها ومدارسها وأسواقها ومطاعمها ومقاهيها. فقد تطلبت الإجراءات السرية والأمنية، تجميع كل العاملين بالمشروع، وحتى عمال النظافة، مع عائلاتهم الصغيرة، في مكان معزول عن العالم الخارجي، ومتوفر على كل مظاهر التمدن والتحضر.

3- يوجد في الطبيعة الإورانيم المنجمي على شكل خليط من اليورانيوم-235 ويمثل فقط 0,719 في المئة، بينما يمثل

اليورانيوم-238 نسبة 99,275 في المئة. والانشطار النووي لا يقع إلى في اليوناريوم-235، لذلك وجب فصل النوعين عن بعضهما، واستخلاص اليورانيوم-235 الصافي بنسبة عالية، وتسمى هذه العملية "تخصيب اليورانيوم"، وتحتاج إلى استعمال أجهزة الطرد المركزي.

4- لا يوجد البلوتونيوم في الطبيعة، لذلك وجب إنشاء مفاعلات نووية لإنتاجه، خاصة في هانفورد بواشنطن.

ولأن الوسيلة الوحيدة لمعرفة نجاح مشروع منهاتان من فشله، هو تفجير القنبلة النووية فعلا، فقد فُجرت القنبلة في اختبار "ترينيتي" يوم 16 يوليوز 1945.

واستعملت عسكريا أول قنبلة نووية في هيروشيما يوم 6 أغسطس 1945، وكانت من نوع اليورانيوم، والثانية في ناغازاكي يوم 9 أغسطس 1945، وكانت من نوع البلوتونيوم.

بلغ عدد قتلى قصف هيروشيما ما بين 90 إلى 140 ألف شخص، بينما بلغ عددهم ما بين 60 إلى 80 ألف في ناكازاكي.

بلغت تكلفة مشروع مانهاتن عام 1945 حوالي ملياري دولار، ويعادل هذا المبلغ حاليا 33 مليار دولار، حسب تقدير التضخم المالي.

وتكتم الغرب بحرص شديد على هذه التكنولوجية، التي تكرس تفوقه العسكري الكلي. لكن الاتحاد السوفياتي تمكن من إجراء أول اختبار تفجيري نووي عام 1949 في كازاخستان، حيث تمكن جواسيسه من الحصول على البيانات والرسوم الهندسية للقنبلة الأمريكية البريطانية.

ونجحت فرنسا، من خلال أبحاثها الخاصة، في إجراء أول اختبار تفجيري نووي عام 1960 في صحراء الجزائر. واستمرت في تجارب الانفجارات النووية بصحراء الجزائر إلى سنة 1966.

وقامت الصين بأول انفجار نووي عام 1964، وهي بذلك خامس دولة نووية في التاريخ البشري.

وتمكنت دولة باكستان المسلمة من تملك والتحكم في الطاقة النووية. ويرجع الفضل في ذلك إلى عالم مسلم يدعى عبد القدير خان (1936-2021م)، حيث أجرت باكستان في 28مايو 1998، أول تجربة نووية انفجاريه، تحت إشراف الدكتور عبد القدير خان، وذلك ردا على التجارب النووية للهند عدوها التقليدي، مما جعل دولة باكستان، تدخل نادي الكبار في المجال النووي، حيث تمثل رسميا الدولة النووية السابعة في العالم، بعد الهند.

مثّل مشروع مانهاتن نقلة نوعية في تاريخ الحروب والعلوم، وقد أثار نقاشات أخلاقية وفلسفية وسياسية متواصلة إلى يومه، حيث كشف عن القوة التدميرية الهائلة التي يمكن أن يؤدي إليها العلم، إذا أُسيء

استخدامه.

لقد كانت للاكتشافات الفيزيائية على مر التاريخ تطبيقات مدنية حضارية، ولكن كذلك وفي الوقت ذاته تطبيقات عسكرية تدميرية، منذ عهد أرخميدس (287-212ق.م) الذي اخترع آلة لتركيز أشعة الشمس فأحرق بها السفن الحربية الرومانية التي كانت تحاصر جزيرته سيراكوز، إلى القرن العشرين حيث صُنعت القنبلة الذرية، ومن بعدها مباشرة القنبلة الهيدروجينية التي تأتي بالشمس لتفجير طاقتها فوق كوكب الأرض.

الفصل السابع: القنبلة الحرارية النووية أو الهيدروجينية

بلغت قوة التدمير أوجها ودروتها مع توصل الإنسان إلى صنع القنبلة الهيدروجينية، فقد وصل العلم إلى درجة تمكين رجل واحد من سلطة قتل ملايير البشر، بل محو البشرية جمعاء من الكون.

إن ترسانة الأسلحة الحرارية النووية الموجودة حاليا تحت تصرف رؤساء الدول العظمى، قادرة على إبادة الحضارة الإنسانية ومحو معظم أشكال الحياة على كوكب الأرض.

وأقوى سلاح نووي جُرّب على الإطلاق كان "قنبلة القيصر" الهيدروجينية السوفياتية، وقدرتها كانت 50ميغاطن، أي أكثر من 3000 قنبلة كالتي ضربت هيروشيما.

وكما عُرِف أوبنهيمر بأب القنبلة الذرية، عُرف الفيزيائي الأمريكي المجري الأصل إدوارد تيلر (1908-2003م) بـ"أب القنبلة الهيدروجينية". وقد شارك في مشروع مانهاتن، وكان مهووسا بالقنبلة الاندماجية، بالرغم من أن العديد من الفيزيائيين، وهو منهم، كان مقتنعا بعدم وجود التكنلوجيا آنذاك التي تسمح بصنع القنبلة النووية الحرارية. وتحكي القصة أنه توصل إلى الفكرة التي تسمح بصنع القنبلة النووية الحرارية، في أثناء شرحه لطلبته الجامعيين استحالة صنع هذه القنبلة.

ويعزى ذلك إلى أن القنبلة الذرية لا يمكن أن تنفجر إلى إذا تم تكثيف كتلة اليورانيوم بشكل كبير، ويتم ذلك عبر تفجير قنبلة تقليدية داخل القنبلة الذرية، فتُحدث ضغطا كبيرا على كتلة اليورانيوم، التي تبلغ آنذاك الكثافة الكافية لإحداث الانفجار الذري، ويحدث كل ذلك في بعض الأجزاء من الثانية.

وأما القنبلة الحرارية الذرية أو الهيدروجينية، فتتطلب كذلك ضغط مادتها (الديوتيريوم والتريتيوم) لتصل إلى درجة الاندماج فيحدث الانفجار، بالضبط كما يحدث ذلك في قلب الشمس. ولكي نصل إلى تلك النتيجة، يجب توفير حرارة وضغط هائلين، مماثلين للحرارة والضغط في قلب الشمس، ولا يسمح بذلك تفجير تقليدي كما هو الشأن بالنسبة للقنبلة الذرية.

كانت فكرة تيلر الجهنمية، والنعت في محله، هي استعمال انفجار قنبلة ذرية داخل القنبلة الهيدروجنية لتوفير الضغط والحرارة اللذان يسمحان باندماج العناصر، ومن ثم إحداث انفجار القنبلة الهيدروجينية.

إذن يحدث انفجار القنبلة الهيدروجينية أولا بانفجار تقليدي، الذي يؤدي إلى انفجار ذري، الذي يوفر الضغط والحرارة اللذان يسمحان للمواد بالاندماج، فيحدث الانفجار الذري الحراري.

كانت أول تجربة للقنبلة الهدروجينية عام 1952، في جزيرة إنيوتاك بالمحيط الهادي، وبلغت قوتها 10 ميغاطن، أي ما يعادل 700 قنبلة من

نوع هيروشيما. وكانت نتيجتها رهيبة، وأحدثت حرارة قاتلة امتدت لعشرات الكيلومترات، وعواصف نارية، وموجات صدمية، وإشعاعات نووية، وخلفت حفرة قطرها 2 كيلومتر.

لم تكن القنبلة الهيدروجينية فقط تطورا علميا، بل أيضا تحولا رهيبا في ميزان القوى العالمي، فكانت سلاحا يمثّل ذروة القدرة التدميرية التي توصل إليها الإنسان، ولكن في نفس الوقت منعت الدول العظمى من الدخول في حرب مباشرة بينها، والتي من نتائجها تدمير الجميع، وأجبرتها على التحلي بروح الحكمة والتعقل، وتجنب المواجهة العسكرية المباشرة، واعتماد الحوار والتفاوض في حل المشاكل.

وخير مثال على ذلك أزمة صواريخ كوبا، وما وقع سنة 1962، حيث أشرف العالم على الفناء.

بدأت الأزمة عندما اكتشفت أمريكا، عبر طائرات التجسس، أن الاتحاد السوفياتي يقوم بإنشاء قاعدة للصواريخ النووية في جزيرة كوبا، على بعد 150 كيلومتر من سواحل فلوريدا الأمريكية.

وكان هدف نيكيتا خروتشوف زعيم الاتحاد السوفياتي من إنشاء هذه القاعدة، موازنة التهديد الأمريكي، وذلك بنشر صواريخ نووية في كوبا، تماما كما نشرت أمريكا صواريخها في تركيا.

قرر الرئيس الأمريكي جون كينيدي فرض حصار بحري على كوبا، وطالب الاتحاد السفياتي بسحب الصواريخ فورا، واعتبر أن أي هجوم نووي من كوبا سيُعتبر هجوما من الاتحاد السوفياتي نفسه، وسيقابَل بِرَدٍّ شامل.

كانت السفن السوفياتية المحمّلة بالصواريخ تقترب من السفن الأمريكية التي تضرب الحصار على كوبا، وكادت مواجهة بحرية مباشرة أن تقع بينهم، حيث أشرفت غواصة سوفييتية على إطلاق طوربيد نووي، لكنها توقفت بعد تصويت ضباطها ضد ذلك.

توصل الطرفان الأمريكي والسوفياتي إلى حل سلمي، وذلك بعزوف الاتحاد السوفياتي عن تركيب الصواريخ النووية في كوبا، بينما التزمت أمريكا بعدم غزو كوبا وبتفكيك صواريخها في تركيا.

كان من نتائج هذه الأزمة، إنشاء الخط التليفوني "الأحمر" المباشر بين واشنطن وموسكو، والذي من خلاله يتمكن قادة البلدين من التواصل والتحاور مباشرة وفي أي وقت.

الباب الرابع: النظرية النسبية

الفصل الأول: التقديم النظرية

لم تكن نظرية النسبية فقط معادلات جديدة، بل هي رؤية فلسفية عميقة للعالم، غيرت مجموعة من الثوابت القديمة، وحَدَّت من حجم فيزياء النيوتنية التقليدية، وجعلت منها فقط حالة خاصة، تفسر بعض الظواهر الفيزيائية بدقة مقبولة، وليس بالضبط الحسابي الكلي.

لقد جعلت هذه النظريةُ نسبيةً في الواقعِ الذي فقد نعته بالمطلق، وجعلت منه خاصية الراصد له فقط، أي أن الواقع مرتبط بالإنسان الذي يرصده وينظره، وأن هذا الواقع مختلف لذى راصد ومتتبع آخر يتمتع بخصائص مختلفة عن الأول.

إن هذا المفهوم الفلسفي أولا، والرياضي الحسابي ثانيا، ووجه بمعارضة شديدة من طرف علماء وقته، وحتى من كان يناصره بصوت محتشم خافت لم يكن يفهمه تماما، فقد قال أحدهم لأينشتاين على سبيل الممازحة والافتخار: "أظن يا عزيزي أن فقط اثنين يفهمان نظريتك"، فأجابه أينشتاين مبتسما: "صحيح؟ ومن يكون الثاني يا ترى؟".

إن نظرية النسبية، ربطت بشكل قاطع الزمن بالمكان، فانتزعت منه مفهومه المطلق العام على كل شيء، وجعلت الزمن مرتبط بالمكان، ومتغير انسيابه حسب موقع وجود المراقب الملاحظ.

الفصل الثانى: مفهوم الزمن فى النظرية النسبية

يقول عز وجل في سورة الواقعة:

فَلَا أُقْسِمُ بِمَوَاقِعِ النُّجُومِ (75) وَإِنَّهُ لَقَسَمٌ لَّوْ تَعْلَمُونَ عَظِيمٌ(76)

كان الزمن في الفيزياء الكلاسيكية يُعتبر مطلقا، أي يجري وينساب بنفس الوتيرة في كل مكان ولكل الراصد، وكان يُعتبر متحررا من المكان، أي لا يتأثر بحركة الأجسام أو بالمكان الذي تُقاس فيه الأحداث.

لكن مع بداية القرن العشرين، جاء ألبرت أينشتاين وقلب هذا المفهوم رأسا على عقب، وبيّن أن الزمن ليس ثابتا، بل يتغير حسب سرعة المراقب أو حسب قوة الجاذبية.

عرف عام 1905 نشر ألبرت أينشتاين لنظريته المسماة "نظرية النسبية الخاصة"، ثم أتبعها عام 1915بـ"نظرية النسبية العامة". هاتان النظريتان غيّرتا جذريا فهمنا للزمن والمكان والكتلة والطاقة والجاذبية.

من أهم ما قال به أينشتاين، هو أن سرعة الضوء ثابتة للجميع، مهما كانت سرعة المراقب أو مكانه، و تساوي 300 ألف كيلومتر في الثانية. وبما أن الضوء هو الذي يسمح للعين بالنظر للأشياء، فإن الشمس التي ننظرها في اللحظة، فإننا ننظر صورتها التي كانت عليها منذ 8 دقائق، وكذلك الأمر بالنسبة لباقي النجوم، فهناك من نراه في الحالة التي كان عليها منذ عدد من السنوات، بل منها من انفجر بينما نحن نراه من

كوكب الأرض لا زال في مكانه، ومن ثم يتبين لنا دقة وصفه عز وجل بأن القسم بمواقع النجوم قسم عظيم، لا يُقدره قَدْره إلا من خصه الله تعالى وحباه ببعض العلوم الفيزيائية الكونية.

وثبات سرعة الضوء في كل الظروف، يُدخل إشكالية جوهرية في الفيزياء الكلاسيكية:

فلنتصور إنسانا يجري داخل قطار، إذن سرعته بالنسبة لمراقب متوقف خارج القطار، تساوي سرعة القطار زائد سرعته التي يجري بها داخل القطار.

فإذا بدلنا الرجل الذي يجري بشعاع ضوئي ينبعث من مصباح يدوي داخل القطار، فحسب الفيزياء الكلاسيكية، ستكون سرعة الضوء بالنسبة للمراقب خارج القطار تساوي سرعة الضوء داخل القطار زائد سرعة القطار. وقد بينت التجربة أن هذا غير صحيح، وأن سرعة الضوء المقاسة داخل القطار هي بالضبط نفس سرعة الضوء التي نقيسها من خارج القطار، إذن أين اختفت سرعة القطار التي من المفروض أن تزيد في سرعة الضوء لدى مراقب خارج القطار؟

في الإجابة على هذا السؤال تكمن عبقرية أينشتاين، حيث قال أن انسياب الزمن داخل القطار ليس كانسياب الزمن خارج القطار، وكلما تنقلنا بسرعة كلما نقص انسياب الزمن لدينا. وهكذا تبقى سرعة الضوء ثابتة مهما كانت سرعة مصدره، وقيمة سرعة الضوء في الفراغ من

ثوابت هندسة الكون، لا تتغير.

وبصفة عامة، قال أينشتاين أن الزمن نسبي، يختلف انسيابه من مراقب إلى آخر، حسب السرعة التي تُبعدهما عن بعضهما، وسرعة الجسم تتحكم في مرور وانسياب الزمن عنده، فإذا تحرك جسم بسرعة ما، فإن الزمن يمر عنده أبطأ من الزمن لدى جسم ساكن.

ويضرب أينشتاين مثالا بتوأمين يسافر أحدهما في الفضاء مُمتطيا مركبة سريعة تقارب سرعة الضوء، بينما يبقى الثاني على كوكب الأرض. فبرجوع المسافر إلى مكان مُنطلقه سيكون أصغر سنا من أخيه التوأم الذي بقي على كوكب الأرض.

وبالطبع فنسبية الزمن وانسيابه، وخضوعه للسرعة الخاصة بالراصد، أمر يصعب على العقل البشري تصوره والقبول به، لكن التجربة المختبرية جاءت لتؤكد النظرية، وتمكن العلماء الفيزيائيون من ملاحظة تباطؤ الزمن عند المسافر مقارنة مع الساكن. فقد صنع العلماء ساعتين نوويتين، تبلغ دقتهما آلاف أعشار الثانية، ثم ضبَطاهما ضبطا تاما، وحُملت إحدى الساعتين على متن طائرة حلقت بسرعتها القصوى ساعات من الزمن، بينما بقيت الثانية ساكنة في المختبر. وحين رجوع الطائرة، تأكد العلماء أن الساعة المحمولة على الطائرة تأخرت فعلا ببعض الأجزاء، مقارنة مع نظيرتها التي ظلت ساكنة في المختبر.

إن هذه التجربة العلمية برهنت بشكل قاطع على حقيقة نظرية النسبية،

وقطعت الشك باليقين أن انسياب الزمن مختلف إذا اختلفت سرعة المراقب.

كما أن نظرية النسبية العامة تنبأت بأن الزمن يتأثر كذلك بالجاذبية التي تحدثها الكتل، وخصوصا الضخمة منها، حيث أن الزمن يتباطأ حسب دنوه من كتلة ضخمة كالشمس مثلا. وتنبأ أينشتاين، من خلال المعادلات الحسابية لنظرية النسبية العامة، بوجود الثقوب السوداء حيث يتوقف الزمن عن الانسياب بمحاذاتها.

وقد برهنت الوسائل الحديثة لرصد ومراقبة الكون، بوجود كتل كونية لا تصدر أي ضوء، تلتقم كل ما يقترب منها، حتى الضوء والموجات الكهرومغناطيسية المنعدمة الكتلة مجملا، وسميت بالثقوب السوداء.

وهذه النظريات الفيزيائية، تكرس أحد أساسيات العقيدة الإسلامية السنية، أن الزمن محدث ومخلوق، وليس مطلقا، حتى أن بعض المخلوقات لا يجري عليها ولا يؤثر فيها، فإذا كان هذا حال المخلوق، فكيف بالخالق؟ وهذا بالطبع استفهام تأكيدي.

الفصل الثالث : تقلّص المسافة في النظرية النسبية

في إطار التطورات النظرية في الفيزياء الحديثة، وخصوصا في النسبية العامة، ظهرت أفكار جديدة تتعلّق بوسائل محتملة لاجتياز المسافات الطويلة بسرعة تفوق الظاهر، مثل: "نظرية الثقب الدودي".

فلنتخيّل أن الفضاء ليس مسطحا، بل يمكن "طَيُه" مثل ورقة، فإذا كنت على نقطة في الورقة وتريد الوصول إلى نقطة أخرى في نفس الورقة، وجب عليك قطع المسافة بين النقطتين، ولكن إذا تمكنت من طي الورقة لتجعل النقطتين متلامستين، فيمكن الوصول إلى النقطة الثانية بقطع مسافة ضئيلة جدا مقارنة مع المسافة الأولى.

وهذا المفهوم يسمى "الثقب الدودي"، ويُعَرفُ كممر اختزالي عبر المكان، بحيث يمكن لاختراقات معينة في هندسة الفضاء أن تربط بين نقطتين بعيدتين، وتسمح بالانتقال بينهما دون عبور المسافة الكاملة في الفضاء العادي. وبذلك يمثل تقلصا هندسيا للمسافة، كأنه نافذة زمنية/مكانية تؤدي مباشرة إلى نقطة أخرى.

و بالرغم من جمالية الفكرة، فإن الانتقال عبر هذه الثقوب يبقى نظريا للأسباب التالية:

- يتطلب وجود مادة نظرية ذات طاقة سالبة لم تُكتشف بعد.
- يثير مشاكل في الاستقرار الكمي والنسبية العامة.

ونجد مفهوم تقريب المسافات حاضرا عند المسلمين المتصوفة، ويسمونه "طي الطريق"، والغريب في الأمر ليس فقط في مفهوم تقليص المسافة بين نقطتين على كوكب الأرض، ولكن كذلك في مصطلح الطي، الذي يترجم تماما ويناسب المفهوم العلمي الذي وصفت به النسبية العامة الأمر، والذي ذكرناه آنفا في مثال طي الورقة.

الفصل الرابع: الفراغ ليس فارغا

عندما نسمع كلمة "فراغ"، نتخيل فورا مساحة خالية تماما، لا مادة فيها ولا ضوء، لكن في الفيزياء الحديثة، خاصة فيزياء الكم، فالفراغ ليس "لا شيء"، بل هو كيان نابض بالحيوية، يعج بالطاقة والحركة.

اعتبر نيوتن أن الفراغ مساحة مطلقة يمكن أن توجد فيها الأجسام وتتحرك. أما ديكارت، فأنكر وجود الفراغ، معتبرا أن كل فراغ لا بد أن يُملأ بشيء. وهذه التصورات تغيرت مع تطور العلم.

عَرَّفت الفيزياء الكلاسيكية الفراغ بالحيز الخالي من المادة، والذي تنتقل فيه موجات كهرومغناطيسية مثل الضوء. وكان يُعتقد أن الضوء يحتاج إلى وسط يحمل موجاته، فافترضوا وجود "الأثير"، لكن تجارب أثبتت أن هذا الوسط غير موجود. وبالرغم من ذلك لازال بعض الصحفيين العرب يصف البرامج الإذاعية أنها "عبر الأثير".

في القرن العشرين، جاءت فيزياء الكم لتعصف بكل هذه التصورات، فالفراغ في هذا السياق:

- لا يعني الخلاء، بل هو أدنى حالة طاقية ممكنة لنظام فيزيائي.
- حتى في غياب الجسيمات، توجد فيه ذبذبات كمومية لا تتوقف.
- تنشأ وتفنى فيه باستمرار جسيمات افتراضية (جسيم/جسيم مضاد)، في ظاهرة تُعرف بـ "غليان الفراغ".

هذا النشاط الخفي يُعرف باسم طاقة الفراغ، وله تأثيرات قابلة للقياس تجريبيا، مثل تأثير كازيمير، حيث نضع في الفراغ صفيحتين معدنيتين تبتعدان عن بعضهما ببعض أجزاء من ميلمتر مقسوم على مليون. إذا كان الفراغ ليس فارغا حقيقة حيث تخلق فيه وتفنى جسيمات افتراضية بالنحو التالي:

- خارج اللوحين: جميع الأطوال الموجية للجسيمات الافتراضية ممكنة.
- بين اللوحين :الأطوال الموجية محدودة بسبب المسافة الصغيرة.

هذا يُسبب فرقا في الضغط الكمومي، أي أن عدد الجسيمات الافتراضية التي تُخلق بين اللوحين أقل من خارجه، فينتج عن ذلك قوة ضغط تدفع اللوحين نحو بعضهم، وهذا هو ما يلاحظ من خلال هذه التجربة.

إذن في مستوى فيزياء الكم، يصبح الفراغ حقلا ديناميكيا تُبنى عليه كل الظواهر، حيث يُعتبر كل جسيم مجرد "اهتزاز" في حقل معين، والفراغ هو الحالة التي لا يوجد فيها اهتزازات "واقعية"، لكنه يظل مليئا باحتمالات وجود جسيمات افتراضية تظهر وتختفي.

كما أن الفراغ إن كان مجودا، فستفقد المادة كل صلابة، لأنها مملوءة بالفراغ، فبين النواة والإلكترونات التي تدور حولها "فراغ كبير" كما

تصوره الفيزياء التقليدية، مما يعنى أننا يمكن أن نمرر يدنا من خلال عمود من الفولاذ دون أي مقاومة. لكن فيزياء الكم تُعَلمنا أن الفراغ غير موجود وأن نفس الإلكترون يتواجد في عدة أمكنة داخل الذرة، ليس كاحتمال بل واقع حقيقي، وأنه يشغل مكانا أكبر من حجمه بكثير، وبذلك تكتسب بعض المواد صلابتها.

أما في سياق علم الكون، فيبدو أن طاقة الفراغ ليست مجرد خيال نظري، حيث بين الرصد الفلكي أن الكون يتمدّد بتسارع.

وأقف هنا لأبين أن انتفاخ الكون الذي يبرهن عليه تباعد المجرات الملاحظ عبر أجهزة الرصد، لا يقع في شيء معين، بل يتسع الكون في ذاته، كالبالون الذي ننفخ فيه فيكبر من نفسه.

وفي هذا السياق، نذكر ونتفكر في الآية الكريمة من سورة الذاريات:

وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ (47)

ويعزى نظريا هذا التسارع في تمدد الكون إلى ما سُميَ بالطاقة مظلمة الذي تملأ الفراغ.

والخلاصة أن الفراغ لم يعد يعني "لا شيء"، بل هو "الكلّ بصيغة الصفر"، وهو الخلفية الديناميكية التي تنبثق منها المادة، والزمن، وحتى القوانين الفيزيائية. وقد يكون الفراغ، في نهاية المطاف، المصدر الأول لكل الكون.

الفصل الخامس: عالم الجسيمات الكمومية

عندما بدأ الفيزيائيون في تفكيك نواة الذرة واكتشاف ما يوجد بداخلها، فتحوا بوابة على عالم مذهل، غير مرئي، لكنه يتحكم في كل شيء، عالم مليء بالجسيمات الغريبة، بعضها يعيش لأجزاء من الثانية، وبعضها لا يتفاعل إلا عبر قوى خفية.

هذا العالم أصبح يُعرف بـ **"حديقة الحيوانات الكمومية "**لكثرة تنوّع الجسيمات فيه، واختلاف خصائصها.

في البداية، كان يُظن أن الذرة غير قابلة للتجزئة ثم اكتُشف أنها مكونة من نواة وإلكترونات. ثم اكتشف أن النواة نفسها تتكوّن من بروتونات ونترونات، وهذه الأخيرة تتكون بدورها من كواركات.

و هكذا، وكلما تعمقنا أكثر حسب إمكانياتنا التجريبية المتاحة، وجدنا أن المادة ليست سوى طبقات من البنية، تتكوّن من جسيمات أولية، وقد بلغنا الآن الكواركات، ولربما نكتشف في المستقبل أن الكوارك مكون من جزيئات أصغر.

ونسمي هذا العالم المتناهي الصغر بـ "حديقة حيوانات" لأنه يعج بكائنات غريبة، بعضها لا يعيش إلا جزء من الثانية مقسومة على مليار، وبعضها لا يملك كتلة تقريبا مثل النوترينو، الذي يخترق كوكب الأرض ويمر عبره وكأنه غير موجود. وبعضها لا يمكن أن يوجد

منفردا، مثل الكوارك التي لا "يُشاهد" إلا ضمن مجموعات.

وحتى "الفراغ"، كما رأينا، مليء بجسيمات افتراضية تظهر وتختفي بسرعة. هذه الجسيمات "غير حقيقية" لكنها تؤثر على الحسابات الفيزيائية بدقة عالية مما يزيد من احتمالات وفرضيات وجودها.

إن "حديقة الحيوانات الكمومية" ليست مجرّد فوضى من الجسيمات، بل نظام دقيق ومترابط، تسعى "النظرية الموحدة الكبرى" لتفسيره. وأما فهمنا لهذه الجسيمات فهو يفسر كيف تتماسك المادة، وكيف تعمل النجوم في إنتاج الطاقة.

إنه عالم عميق، صغير جدا، لكنه مفتاح لفهم الكلّ.

الفصل السادس: الانفجار العظيم – الكون يتمدّد

منذ 14 مليار سنة شمسية، لم يكن هناك كون ولا زمن ولا مكان. ثم فجأة، خُلق كل الشيء، وولد الزمن والمكان والطاقة. وسمى علماء الفيزياء الكونية تلك اللحظة، مجازا، "الانفجار العظيم".

وفي الحقيقة لم يكن هناك شيء موجود حتى ينفجر، ولا أحد يمكن أن يصف أو يتصور ما قبل هذا "الانفجار العظيم"، ولكن المسلمين يعلمون جيدا أنه أمر الخالق عز وجل، كما أخبرنا به تعالى في سورة يس:

إِنَّمَا أَمْرُهُ إِذَا أَرَادَ شَيْئًا أَن يَقُولَ لَهُ كُن فَيَكُونُ (82)

إن ما يمكن أن يقدمه العلم الحديث، هو وصف ما وقع بعد لحظة الصفر لهذا الانفجار المجازي:

- بعد ثانية واحدة: بدأت الجسيمات تتشكل: الكواركات، الإلكترونات، النترونات.
- بعد دقائق: ظهرت نوى ذرات الهيدروجين والهيليوم.
- بعد 380 ألف سنة : برد الكون بما يكفي لتتشكل الذرات "الثقيلة"، وظهر "الضوء" الأول المسمى "إشعاع الخلفية الكونية"، الذي يمكن رصده حتى يومنا هذا.

وقد برهن علماء فيزياء الكون على حدوث "الانفجار العظيم"، من خلال الأدلة التالية:

1. تمدّد الكون: لاحظه هابل عام 1929، حيث تبتعد المجرات عن بعضها، ويعنى هذا أنها كانت مندمجة أول الأمر.
2. إشعاع الخلفية الكونية**:** اكتشفه العلماء في 1965، وهو "ضوء" باهت من بقايا حرارة الانفجار العظيم، يملأ الكون ويصل إلى كوكب الأرض من كل جانب، وكأنه طيف هائم في جميع الفضاء الكوني.
3. نسبة الهيدروجين والهيليوم في الكون تتوافق مع ما تتوقعه نماذج الانفجار العظيم.

إن الانفجار العظيم ليس مجرد حدث في الماضي، بل هو عملية مستمرة، فالكون ما زال يتمدد، وما زلنا نعيش داخل هذا التمدد، حيث تُضاف في كل لحظة مسافة بين المجرات، فيكبر الكون إجمالا.

ولا يمكن لعلماء الفيزياء التنبؤ بمصير الكون، وهل سوف يتمدد إلى ما لا نهاية؟ أو سوف يتوقف في لحظة ما عن التمدد؟ ثم ربما ينقلب التمدد انكماشا ويعود الكون إلى نقطة نشأته؟

يقدم علماء فيزياء الكون ثلاثة فرضيات محتملة، حسب الكثافة الكلية للمادة والطاقة في الكون (والتي نجهل تحديدهما إلى يومه):

أ. الانكماش العظيم

إذا كانت الجاذبية أقوى من التمدد، فسيتباطأ تمدد الكون تدريجيا، ثم يتوقّف، ثم يبدأ في الانكماش على نفسه، حتى يعود إلى نقطة كثيفة جدا، منعدمة الأبعاد، حيث سوف تتمركز كل طاقة ومادة الكون. وبالتالي ولادة كون جديد عبر "انفجار عظيم" آخر. وبمعنى آخر: كون يموت وآخر يولد.

ب. التجمد العظيم

إذا استمر التمدد، ولكن بوتيرة معتدلة، فإن المجرات ستبتعد أكثر فأكثر، وتنخفض درجات حرارة الكون، وتتوقف النجوم عن التكوّن، فيصبح الكون باردا ومظلما.

ج. التمزق العظيم

إذا استمر الكون في التمدد بسرعة ترتفع، فستتمدد المسافات بين المجرات بسرعة جنونية، إلى أن تتفتت المجرات، ثم تُمزق النجوم، ثم تنفصلُ الذرات نفسها، وفي الأخير تنهار قوانين الفيزياء ذاتها في تمزق كوني شامل.

ونحن كمسلمين نؤمن تماما، أن مصير الكون سيؤول إلى ما ارتضاه الله تعالى له، مصداقا لقوله عز وجل في سورة الأنبياء:

يَوْمَ نَطْوِي السَّمَاءَ كَطَيِّ السِّجِلِّ لِلْكُتُبِ ۚ كَمَا بَدَأْنَا أَوَّلَ خَلْقٍ نُّعِيدُهُ ۚ وَعْدًا عَلَيْنَا ۚ إِنَّا كُنَّا فَاعِلِينَ (104)

الفصل السابع: محاكاة الانفجار العظيم

هل يصدق العقل أن الفيزيائيين يحاولون محاكاة أجزاء الثانية الأولى من وجود الكون بواسطة تجارب على كوكب الأرض؟

سؤال يبدو مجنونا لأول وهلة، ومع ذلك فإن العلماء يحاولون فعلا محاكاة اللحظات الأولى من ميلاد الكون، من خلال تجارب تصادمية، يقومون بها في آلات تطلب إنشاؤها ملايير الدولارات، ويعملون على جعل جسيمات (البروتون غالبا)، ذات الطاقة الكبيرة والسرعة الهائلة، تصطدم ببعضها فينتج عن الاصطدام جزيئات أصغر غير معروفة، تعيش لبعض أجزاء من الثانية المقسومة على مليار.

يعتبر مصادم الهدرونات الكبير، الذي شرع في العمل عام 2008 ويقع في الحدود بين فرنسا وسويسرا، أكبر وأقوى مسرّع للجسيمات في العالم. وقد صُمم لدراسة الجسيمات الأساسية التي تَشكّل الكون منها أولا، من خلال إنتاجها عبر تصادم البروتونات بسرعة قريبة من سرعة الضوء.

والمصادم نفق دائري تحت أرضي، بطول 27 كيلومتر وعمق 175 متر أحيانا. وتشرف عليه المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية، ويشتغل فيه آلاف العلماء من أكثر من 100 دولة.

وتقوم هندسته على تسريع جسيمات البروتون، أو أحيانا نواة

الرصاص، في اتجاهين معاكسين، ويُستخدم مجال مغناطيسي فائق القوة لتوجيهها داخل النفق الدائري. فتصطدم الجسيمات ببعضها بسرعات تقترب من سرعة الضوء، وتُسجّل الكواشف وآلات الرصد العملاقة نواتج الاصطدام.

وحتى نعطي فكرة على عبقرية مصممي المصادم ودقة تجهيزاته، نقول أن إحداث تصادم بين جزيئتين من حجم البروتون، بسرعة تقارب سرعة الضوء، وبعد قطعهما عشرات الكيلومترات، يعادل أرسال إبرة خياط من الرباط وأخرى من واشنطن، وجعلهما يتصادمان وسط المحيط الأطلسي.

تهدف التجارب التي تُقام في المصادم الكبير إلى :

- تأكيد وجود الجسيمات الجديدة التي تتنبأ بها النظرية، كمثل بوزون هيكز.
- دراسة حالة بداية الكون كما كانت بعد الانفجار العظيم، في أول أجزاء من الثانية الأولى على النشأة.
- اختبار نظريات فيزياء الجسيمات مثل النموذج القياسي.

ومن أبرز اكتشافات هذا المختبر، برهنته على الوجود الفعلي لـ بوزون هيكز عام 2012، وهو الجزيئة التي تنبأت بوجودها النظرية، وتفسر كيف تكتسب الجسيمات كتلتها.

بلغت تكلفة بناء وتشغيل هذا المصادم حوالي 10 مليار يورو. ويُعد أكبر مختبر فزيائي في العالم ومن أضخم الاستثمارات العلمية.

والآن، تقوم منظمة الأبحاث النووية الأوروبية بدراسة إنشاء مصادم أكبر، يسمى "المصادم الدائري المستقبلي"، سيكون طوله 100 كيلومتر، ويُعد طموحا علميا وتقنيا هائلا، نحو خطوة مستقبلية رئيسية لفهم أسرار الكون على مستوى الجسيمات الأولية، سيقدم إمكانات هائلة لاستكشاف ما هو أبعد من حدود المعرفة الفيزيائية الحالية، وقد يفتح آفاقًا جديدة في العلوم والتكنولوجيا، وخصوصا في مجال البحث عن المادة والطاقة المظلمتين.

الفصل الثامن: الكون آلة مضبوطة بدقة متناهية

منذ نشأ الكون، بدا وكأنه مُصمَّم تبعا لقوانين صارمة، وتوفر على ثوابت حسابية مضبوطة بدقة مذهلة، لو تغيرت بنسبة ضئيلة جداً، لما وُجد الكون أصلا.

فمن يا ترى ضبط تلك الثوابت الحسابية؟ أم هي من قبيل الصدفة؟

إن اعتبار الصدفة مسؤولة على تحديد قوانين وثوابت الكون، لا يقول به عاقل له أدنى تأمل في الأمور ومعرفة ولو بسيطة بالموضوع. بل إن الكون آلة هندسية رفيعة دقيقة مضبوطة، أُنشِئت بقوانين وضوابط محكمة، لابد لها من خالق.

وهاك أدلة علمية على صدق ما أقول:

أ. ثابت الجاذبية(G)

القيمة: $\mathbf{G = 6.67430 \times 10^{-11}\ m^{3} \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}}$

لو زادت أو نقصت بنسبة جزء من واحد مقسوم على واحد متبوع 38 صفر، لما تشكّلت النجوم ولا الكواكب. والجاذبية ضعيفة جداً مقارنة ببقية القوى المتحكمة في الكون، لكنها مناسبة تماما للتوازن الشامل.

ب. الشحنة الكهربائية للإلكترون

القيمة: $\mathbf{e = 1.602176634 \times 10^{-19}\ C}$

وهي مساوية تماما (لكن بعكس الإشارة) لشحنة البروتون. وأي خلل في هذا التوازن يؤدي إلى كون غير متماسك كهربائيا، حيث تتنافر مكونات الذرات أو تنهار.

ج. الثابت الكونى (Λ) أو الطاقة المظلمة

يمثّل تسارع توسع الكون، وتُقدّر قيمته بـ:

$$\Lambda \approx 1.1 \times 10^{-52}\ m^{-2}$$

لو كانت أكبر بقليل، لتمزّق الكون قبل أن تتكون المجرات.

د. النسبة بين القوى الأساسية

- القوة الكهرومغناطيسية أقوى من الجاذبية بمعامل 1 متبوع 36 صفر.
- القوة النووية الكبرى أقوى من الجاذبية بـ معامل 1 متبوع ب 38 صفر.
- القوة النووية الضعيفة لها تأثيرات دقيقة في تحلّل الجسيمات، وضبطها مهم لتكوّن الذرات.

إن أي تغيير طفيف في هذه النسب يؤدي إلى فوضى كونية.

هـ. معدل توسّع الكون بعد الانفجار العظيم أو ثابت هابل

القيمة: $H_0 \approx 70$ **km/s/Mpc**، لو كانت أسرع قليلاً مما هي عليه لما

تجمّعت المادة ولما تكونت المجرات والنجوم والكواكب، ولو كانت أبطأ بقليل على ما هي عليه لانهار الكون على نفسه، وعاد لنقطة الصفر.

وتبعا لما سبق، وحسب تقدير الفيزيائي روجر بينروز (مواليد 1931)، فإن احتمال أن يبدأ الكون صدفة بحالة صالحة للحياة هو: 1 مقسوم على 10أوس10أوس123، وهو رقم صغير جدا غير قابل للتصور وفي حكم الصفر.

كما أن خاصية الماء H2O، الذي يبقى على شكل سائل ما بين 0 و100 درجة من سلم سيلسوس، فهي مسألة وجود بالنسبة للحياة على كوكب الأرض. ذلك أن المركبات الكيميائية التي تحتوي على ذرتين من الهيدروجين، لا تكون على شكل سائل إلا في درجات حرارة منخفضة جدا، كمثل H2S بناقص 62 درجة من سلم سيلسوس، و H2Se بناقص 62 درجة من سلم سيلسوس، وH2Te بناقص 2,2 من سلم سيلسوس، فإذا تجاوزت درجة الحرارة الأرقام السالفة، تبخر المركب الكيميائي.

وأما الماء الذي يشبه في تكوينه لتلك المركبات، فلا يتحول إلى بخار إلا إذا وصلت درجة حرارته 100 درجة في سلم سيلسوس.

إذا وجود الماء السائل وعدم تبخره أو تجمده ما بين 0 و100 درجة من سلم سيلسوس، خاصية غريبة لا تخضع للمنطق المتبع في باقي المكونات الكيميائية ذات ذرتان من الهيروجين، ولولا هذه الخاصية لما

وجدت حياة على كوكب الأرض، إذن من قرر وجعل الماء على شكله السائل في درجات حرارية مواتية للظهور الحياة واستمرارها، خلافا لباقي المركبات الهدروجينية؟

سبحان من قال في سورة الأنبياء:

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ ۖ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ (30)

الباب السادس: التطبيقات الفيزيائية في القرنين 20 و21

الفصل الأول: اكتشافات واختراعات مذهلة

عرف القرن العشرين تكريس الفيزياء كأحد العلوم الأكثر إنتاجية وابتكارا، وتطبيقاتها غيرت الحياة اليومية للبشر، وقربت المسافات بينهم، وأسست لتقنيات التواصل عن بعد، وسهلت حفر الأنفاق وإقامة العمارات ناطحات السحاب، وجعلت البرودة والدفء في متناول الجميع وفي كل منزل، بل وصلت حد تحليق الناس في الهواء، وغزو الفضاء، ووضع رجل الإنسان على القمر.

إن كل ذلك ما كان ليتحقق لولا علوم الفيزياء التي كلما فتح الإنسان منها بابا، فُتحت له آفاق جديدة أوسع مما كان يسمح به خياله الأكثر حمقا.

إن الهدف من هذا الفصل، هو التعريف ببعض الاختراعات التي تجاورنا يوميا، ولكن هل حاولنا فقط معرفة كنهها وأسرار اشتغالها؟

أليس جدير بذكائنا أن نعلم كيف تحلق الطائرة في السماء؟ وكيف تبرد الثلاجة ما بداخلها؟ وهل المفاعل النووي قابل للانفجار؟

وما هو طوكاماك الذي يريد محاكاة الشمس؟ وكيف يشتغل الكمبيوتر؟ وما معنى الذكاء الاصطناعي؟

هذه الأسئلة وغيرها، سوف نحاول تقديم أجوبة مبسطة عليها في الفصول الموالية بحول الله وقوته.

الفصل الثاني: الطائرة

منذ آلاف السنين، راود حلم الطيران مخيلة الإنسان، فحاول أن يستلهم من الطيور أجنحتها وانسيابها في الهواء. ولعل أسطورة إيكاروس الإغريقي تبين ذلك بجلاء، حيث هرب من السجن بصنع أجنحة من ريش الطير والشمع، وحلق بها عاليا ونجى، ثم انتشى بحرية الطيران، فارتفع عاليا نحو الشمس، فذاب الشمع وسقط في البحر، ومات.

وتاريخا، يمكن أن نذكر بعض المحطات في محاولة الإنسان التخلص من جاذبية الأرض:

- عباس بن فرناس (توفى عام 887م): أول من حاول الطيران علميا في الأندلس، عبر جناحين صمّمهما وقفز بهما من مرتفع. نجحت محاولته جزئيا لكنه لم ينجُ عند الهبوط بسبب إغفاله لتصميم الذيل.
- ليوناردو دافنشي (1452–1519م): رسم تصاميم مفصلة لآلات طائرة تعتمد على حركة الأجنحة، وابتكر أفكارا تشبه المروحية، رغم أن أجهزته بقيت نظرية في زمانه.
- الأخَوان رايت (أورفيل 1871–1948 وويلبر 1867–1912): في 17 ديسمبر 1903، نجحا في إطلاق أول طائرة بمحرك يُتحكم بها بالكامل، وحلّقت في الهواء لمسافة 36 متر.

وهندسة الطائرة تعتمد على مبدأ برنولي في صنع الأجنحة، ذلك أن السطح العلوي للجناح منحني أكثر من السفلي، وعندما يمر الجناح عبر الهواء، يتسارع انسياب الهواء فوق الجناح ويبطؤ تحته، لعدم تساوى المسافة التي يقطعها، مما يُسبب انخفاض الضغط في الأعلى وارتفاعه في الأسفل، فيدفع الجناح الطائرة نحو الأعلى، وهي القوة التي تسمح للطائرة بالارتفاع في السماء، حين تتجاوز قوة الجاذبية التي تعارضها.

وكباقي الاكتشافات الفيزيائية، استعملت الطائرة في الحروب، وخصوصا، الحربين العالميتين الأولى والثانية.

وسمحت الطائرة بانتصار القوى الاستعمارية في حرب الريف بالمغرب (1921-1926م)، حيث فشل الجيشين الإسباني والفرنسي في القضاء على المقاومة المغربية ومُنيا بهزائم نكراء. لكن تدخل الطيران، ورميه بقنينات الغازات السامة على التجمعات السكنية للمدنيين، أجبر قائد المقاومة الريفية على تسليم نفسه لجيش الاحتلال، لتفادي مزيد من القتلى المسلمين.

وقد تطورت الطائرات خلال القرن العشرين بشكل ملحوظ، وصارت من وسائل التنقل المدنية التي تختصر المسافات، واستعملت المحرك النفاث للزيادة في سرعة تحركها، لكن مبدأ هندسة الجناح لازال أساس تحليقها.

وأما الطائرة المروحية التي لا تستعمل الأجنحة، فترتكز على قانون نيوتن الثالث، أي لكل فعل ردة فعل معاكس، حيث تقوم المروحية التي تعلو الطائرة بدفع الهواء نحو الأسفل، فتكون ردة الفعل المعاكس دفع الطائرة نحو الأعلى,

أصبح الطيران اليوم أحد أعظم إنجازات البشرية، حيث مكن من تقليص المسافات بين القارات. وتستمر الأبحاث لتطوير طائرات كهربائية صديقة للبيئة.

الفصل الثالث: الثلاجة ومكيف الهواء

الثلاجة ومكيف الهواء جهازان يعتمدان على نفس المبدأ الفيزيائي، أي نقل الحرارة من مكان بارد إلى مكان ساخن، وهو ما لا يحدث طبيعيا، إذ الطبيعي أن تنتقل الحرارة من المكان الساخن نحو المكان البارد، مما يجبر على حتمية توفير طاقة، كالكهرباء مثلا، لإحداث عكس ما تريده الطبيعة. والحرارة تنتقل دائمًا من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، لكن الثلاجة والمكيف يعكسان هذه العملية، وذلك بفضل دورة تبريد مغلقة.

لكي تعمل الثلاجة أو المكيف، نحتاج إلى أربع مكونات رئيسية:

1- غاز يتبخر بسهولة عندما يمتص الحرارة.

2- الضاغط الذي يضغط الغاز.

3- المكثف الذي يبرد الغاز المضغوط ليحوله إلى سائل، ويوضع وراء الثلاجة أو خارج الغرفة.

4- صمام التمد: يُقلل الضغط، فتنخفض درجة حرارة الغاز السائل.

5- المبخر الذي يمتص حرارة المكان المراد تبريده، ويوجد داخل الثلاجة أو الغرفة.

وتقوم الدورة على تشغيل المكثف الذي يحول الغاز إلى سائل فتنخفض حرارته، وبمرور الغاز السائل داخل الثلاجة أو الغرفة يمتص الحرارة

لأنه أبرد من محيطه ويفقد سيولته، ثم يوجه الغاز إلى الضاغط خارج الثلاجة أو الحجرة، فترتفع حرارة الغاز بفعل الضغط، فيكون محيطه أبرد منه فيمتص حرارة الغاز، الذي يعود إلى المكثف، وهكذا.

إذن عملية التبريد تقوم أساسا على ضغط الغاز أو تمديده، فيمتص الحرارة داخل الثلاجة أو الغرفة، ثم يلفظ نفس الحرارة خارجها. ولذلك لا ينصح بمحاولة تبريد المطبخ بفتح باب الثلاجة، لأن الحرارة الممتصة داخل الثلاجة تخرج من خلفها، فلا يتم تبريد المطبخ، بل العكس هو ما يقع، لأن المحرك خارج الثلاجة هو كذلك ينتج حرارة ذاتية كلما اشتغل، وبفتح باب الثلاجة يشتغل المحرك باستمرار وينتج حرارة إضافية، فترتفع حرارة المطبخ بشكل عام عوض أن تنخفض. وهذا الأمر هو ما يحتم ضرورة جعل محرك مكيف الهواء خارج الحجرة وفي الهواء الطلق بصفة عامة، حيث لا يمكن تبريد حجرة إذا لم يكن جزء من آلة التكييف خارج الحجرة.

والخلاصة أن الثلاجة والمكيف لا يصنعان البرودة، بل يسحبون الحرارة من المكان المطلوب تبريده ويطردونها إلى خارجه.

الفصل الرابع: الرادار والإيكوغرافية والراديو الطبي

ربما يتساءل القارء كيف نجمع تفسير هذه الأجهزة مع بعضها في فصل واحد؟ فتكون الإجابة لأنها كلها تستخدم الفيزياء الموجية في هندستها، ومن ثم نرى بها ما لا يُرى مباشرة بالعين المجردة.

الرادار ورؤية الأشياء من بعيد

الرادار جهاز يستخدم الموجات الكهرومغناطيسية لرصد الأجسام وتحديد موقعها وسرعتها. ويعمل في ذلك على النحو التالي:

1. يُرسل موجة كهرومغناطيسية.
2. تصطدم هذه الموجة بجسم (طائرة، سيارة، صاروخ...إلخ)
3. بارتطام الموجة الكهرومغناطيسية بالجسم، تنعكس فتعود إلى الجهاز.
4. يُحسب الزمن بين الإرسال والاستقبال، فنعرف المسافة.

الراديو الطبي والرؤية داخل الجسم

الراديو الطبي أو الأشعة السينية، يستعمل موجات كهرومغناطيسية قصيرة جدا لاختراق الجسم وتصوير العظام والأعضاء. ويعمل في ذلك على النحو التالي:

- تُسلَّط أشعة على جزء من الجسم.

- تمر الأشعة عبر الجلد واللحم ولكن تمتصها جزئيا العظام.
- تُسجل صورة بعد ذلك، وتظهر مكان امتصاص الأشعة مخالف للمكان الذي لم تمتص فيه.

وتستعمل هذه التقنية في تصوير العظام المكسورة، وفحص الأسنان، وتشخيص أمراض الرئة.

الإيكوغرافيا

الإيكوغرافيا أو تقنية الصدى الصوتي، تستعمل موجات صوتية عالية التردد، وتعمل في ذلك على النحو التالي:

1. يُرسل الجهاز موجات صوتية داخل الجسم.
2. تنعكس هذه الموجات عن الأنسجة المختلفة.
3. تُجمَع الموجات المرتدة لتكوين صورة على الشاشة.

وتستعمل هذه التقنية في متابعة الحمل، وفحص الكبد والكلى والقلب، وتشخيص الأورام.

ونشير أن الرادار تحت مائي الذي تتزود به الغواصات، والمسمى "صونار"، يستعمل الموجات الصوتية.

كل هذه الأجهزة تعتمد على مبدأ بسيط يتلخص في: إرسال موجة، فانتظار انعكاسها، ثم تحليل الانعكاس، وفي الأخير

تشكيل الصورة. والفرق بينها ينحصر في نوعية الموجة المستعملة ومجال التطبيق.

الفصل الخامس: المفاعل النووي

المفاعل النووي جهاز يُستخدم للتحكم في تفاعل الانشطار النووي، أي تفكك نوى ذرات ثقيلة (مثل اليورانيوم 235 أو البلوتونيوم 239)، مما يُطلق طاقة كبيرة على شكل حرارة.

لكن بدل أن تكون هذه الطاقة في شكل انفجار كما في القنبلة، فإن المفاعل يجعلها هادئة ومنتظمة.

والمفاعل النووي يشبه غلاية ماء ضخمة، لكن بدل الفحم أو الغاز، يستعمل اليورانيوم كوقود لإنتاج الحرارة.

ونصف إنتاج الطاقة الكهربائية من خلال المفاعل النووي على الشكل التالي:

1. تمتص ذرات اليورانيوم النوترون فتنشطر وينتج عن ذلك حرارة.
2. يسخُن الماء داخل المفاعل بفعل حرارة الانشطار النووي.
3. يتحول الماء إلى بخار شديد الضغط.
4. يُدير ضغط البخار توربيناً ويولّد من خلاله الكهرباء.

إذن الفرق بين المفاعل النووي، ومحطات توليد الكهرباء المستعملة للفحم أو الغاز، هو فقط طريقة تسخين الماء والرفع من حرارته.

وأما المحطات الكهرومائية، فتستعمل انسياب الماء من السد نحو الأسفل لتدير التوربين ومن ثم توليد الكهرباء.

ومن فوائد المفاعل النووي توليد الطاقة الكهربائية بأقل انبعاث ثاني أكسيد الكاربون مقارنة مع المحطات الحرارية التي تعتمد الغاز أو الفحم الحجري. وثاني أكسيد الكاربون هو غاز يساهم بشكل كبير في الانحباس الحراري وارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض. وأما سلبيته فتكمُن في إنتاج نفايات مشعة يمكن أن تمثل خطرا على الإنسان إذا لم يتم تخزينها بعناية، ولمدة مئات السنين. كما يجب تأمين المفاعل النووي بإجراءات صارمة لتفادي وقوع حوادث التسرب الإشعاعي، كما وقع في تشيرنوبيل عام 1986 وفوكوشيما عام 2011.

الفصل السادس: ترويض الطاقة الشمسية ومفاعل طوكاماك

طوكاماك مفاعل نووي تجريبي صُمّم من أجل محاكاة الشمس، أي تحقيق الاندماج النووي وتوليد الطاقة عبر دمج نوى الذرات الخفيفة (الديوتيريوم والتريتيوم)، كما يحدث في قلب الشمس.

وطوكاماك كلمة روسية تعني "غرفة مغناطيسية".

وقد أسلفنا في هذا الكتاب أن الاندماج النووي يُنتج طاقة أكبر بكثير من الانشطار، ودون مخلفات مشعة، فيعد لذلك أمل البشرية في توليد طاقة خضراء آمنة.

ولكي يحدث الاندماج، وقد رأينا ذلك في مبدأ القنبلة الهيدروجينية، يجب رفع حرارة الوقود، أي الديوتيريوم والتريتيوم، إلى درجاتِ حرارة تقارب 150مليون درجة مئوية، أي أعلى من حرارة الشمس. وبالطبع لا يمكن لأي مادة أن تحتوي هذه الكمية العظيمة من الحرارة دون أن تتحول إلى غاز، لذلك وجب استعمال الاحتواء المغناطيسي، لحصر الوقود على شكل بلازما في مجال محصور، يسبح فيه دون ملامسة أي شيء، وذلك باستعمال حقول مغناطيسية شديدة القوة.

وبالطبع يجب على مفاعل طوكاماك إنتاج طاقة تفوق احتياجاته الكبيرة من الطاقة، وإلا فلا فائدة منه. لذلك سوف نقيس مدى تقدم هذه التكنولوجيا بالزمن الذي تنتج فيه طاقة أكبر من مما تستهلك، فمردودية

المفاعل يجب أن تكون أكبر من مئة في المئة، وما زاد عن المئة هو الناتج الطاقي للمفاعل الذي سوف يمكن استغلاله.

أنشأت عدة دول مفاعلات طوكاماك تجريبية، ونذكر منها بريطانيا والولايات المتحدة الأمريكية والصين. وإلى يومه، يتوالى تحقيق الأرقام القياسية بين المفاعلات الاندماجية التجريبية، وقد بلغ أخر رقم قياسي، أي الزمن المتواصل الذي تستمر فيه تفاعلات الاندماج، 1077 ثانية في يناير 2025، وحصل ذلك في المفاعل التجريبي الصيني. ويبرهن هذا الرقم على التفوق الصيني في المجال، حيث مر الرقم القياسي من عدة ثواني لأكثر من 17 دقيقة.

ولكن لا يكفي استمرار التفاعلات الاندماجية، بل لابد للمفاعل أن يُنتج طاقة أكبر مما يستهلك، أي أن تفوق مردوديته 100 في 100، لذلك تتشارك حاليا عدة دول (الاتحاد الأوروبي، الولايات المتحدة، الصين، روسيا، اليابان، الهند، كوريا الجنوبية) في مشروع "إيتر"، والذي يهدف إلى إنشاء مفاعل طوكاماك في كاداراش جنوب فرنسا، بتكلفة تقدر ب 30 مليار دولار، لتوليد طاقة اندماجية بمردودية كبيرة فيُتمكن من تسويقها. ومع الأسف الشديد، نلاحظ أن ولا دولة إسلامية تشارك في هذا المشروع العلمي التجاري الضخم، بالرغم من توفر الإمكانية المالية عند بعضها.

إن تطوير تكنولوجية مفاعل طوكاماك، ونقلها من المجال التجريبي إلى الواقع الصناعي، من شأنها حل إشكالية إنتاج الطاقة بشكل نهائي، فهي وسيلة آمنة فعالة غير ملوثة، سوف تسمح للبشرية، بحول الله وقوته، من الحصول على كل احتياجاتها الطاقية الضرورية لكل نهضة وتقدم.

الفصل السابع: من الترانزستور إلى الحاسوب الكمي

في الحرب العالمية الثانية ومن أجل فك شفرات تواصل العدو اللاسلكي، صُنعت حواسيب ميكانيكية وكهروميكانيكية، مثل جهاز كلوزوس البريطاني. وفي عام 1946 تم بناء أول حاسوب إلكتروني حقيقي ، وكان ضخما بحجم قاعة ويعمل بأنابيب مفرغة من الهواء.

كان اختراع الترانزيستور عام 1947 في مختبرات بيل بالولايات المتحدة الأمريكية، ثورة تكنولوجية حقيقية، سوف تسمح بإنشاء مجموعة من الآلات الصغيرة الحجم، مثل الآلة الحاسبة وجهاز الراديو الإذاعي المحمولين، حيث حل الترانزيستور محل الأنابيب المفرغة.

وعرف عام 1958 اختراع أول شريحة إلكترونية، حيث كانت توازي عدة ترانزيستورات، ثم تطورت عبر السنين حتى بلغت الآن 20 مليار ترانزيستور(أبل م2).

إن التطور الذي عرفته هندسة الشريحة الإلكترونية، سمح بتطوير الحواسب، فصارت أسرع في إنجاز العمليات وأصغر في الحجم. ولنبين حجم التصغير الذي حصل في زهاء 70 سنة، يكفي أن نشير أن الهاتف المحمول الحالي الذي بين يديك، يوازي عام 1958 حاسوبا وجب إنشاءه على مساحة 20 ملعب كرة القدم.

يتكون الحاسوب من عدة أجزاء تشتغل بشكل متناسق:

- وحدة المعالجة المركزية(CPU) :تنفذ التعليمات.
- الذاكرة(RAM) : تخزن البيانات المؤقتة.
- وحدة التخزين (HDD, SSD) : تحفظ البيانات بشكل دائم.
- وحدة الإدخال والإخراج : مثل لوحة المفاتيح والشاشة.
- اللوحة الأم : "عقل" الحاسوب" الذي ينسق عمل كل الأجزاء.

وهندسة الحاسوب تقوم على استعمال وحدات قاعدية، تسمى البِتات، لإجراء العمليات الحسابية (زائد، ناقص، القسمة، الضرب) ، وكل بِتة تكون بقيمة 1 إذا حملت شحنة كهربائية وإما بقيمة 0 إذا لم تحمل شحنة كهربائية. ويتوفر أصغر حاسوب على ملايير الوحدات القاعدية التي يستعملها في الحساب. ونُقدر قوة الحاسوب بعدد العمليات الحسابية التي يمكن أن يقوم بها في الثانية، وقد بلغت الآن عند لاب توب متوسط 10 مليار عملية في الثانية، مما يسمح مثلا بتشغيل فيديو بجودة 4ك.

ويقوم الآن العلماء بتطوير ما يعرف بالحاسوب الكمومي، ويختلف عن الحاسوب التقليدي الذي يستعمل بتات بقيمة 1 أو 0، باستعمال بتات كمومية، أي زيادةً على قيمة 1 و0، يمكنها أن تكون في حالة 0 و1 في آن واحد، وتلك خاصية العالم الكمومي التي لا زال يصعب على العقل تقبلها.

وفي 2019، أعلنت شركة كوكل، أن الحاسوب الكمي الذي صنعته، تمكن من حل مسألة في 200 ثانية، وكان يتطلب نفس العمل 10 آلاف سنة لحاسوب تقليدي.

وهكذا، تعتبر الحوسبة الكمية ثورة علمية جديدة سوف تُحدث، إن شاء الله، قفزات هائلة في التشخيص الطبي التنبؤي، والذكاء الاصطناعي، والأمن السيبراني.

الفصل التاسع: الذكاء الاصطناعي وهندسته

في مطلع القرن الحادي والعشرين، لم تعد الآلات تُستخدم فقط للرفع الثقل أو صنع المنتوجات أو الحساب السريع، بل أصبحت قادرة على التعلم واتخاذ القرار.

هذا الإنجاز المذهل هو ثمرة مجال علمي متطوّر يُعرف بـ"الذكاء الاصطناعي"، وهو نتاج هندسة معقّدة تقوم على مفاهيم رياضية وخوارزميات متقدّمة.

والذكاء الاصطناعي فرع من علوم الحاسوب، يهدف إلى إنشاء أنظمة تمتلك القدرة على تنفيذ مهام تتطلب عادةً ذكاءً بشريا، مثل:

- التعرّف على الصور والأصوات،
- فهم اللغة والترجمة،
- اتخاذ القرارات تبعا لمنطق مبني على الفعالية
- الإبداع الأدبي والفني.

و تشمل هندسة الذكاء الاصطناعي:

- جمع البيانات: **وهي** الوقود الأساسي لأي نظام "ذكي".
- تصميم الخوارزميات: مثل خوارزميات التعلم العميق، والشبكات العصبية الاصطناعية التي تُحاكي عمل الدماغ.

- اختيار البنية المناسبة: مثل الشبكات التلافيفية لمعالجة الصور، أو الشبكات المتكرّرة لمعالجة النصوص.
- التدريب: حيث يتم تزويد النموذج بملايين الأمثلة كي يتعلّم الأنماط.
- الاختبار والتحسين: للتأكّد من أن النظام يعمل بدقة في سيناريوهات حقيقية.

وتتمثل تطبيقات الذكاء الاصطناعي الأنية في:

- تشخيص الأمراض وتحليل الصور الطبية.
- تحليل الأسواق والتنبؤ بالأسعار.
- تشغيل الروبوتات الذكية وسلاسل التوريد.
- الترجمة الفورية.

وبالرغم من فوائده العظيمة، يطرح الذكاء الاصطناعي تحديات أخلاقية وفلسفية كبرى:

- من يتحمل مسؤولية قرار اتخذه نظام آلي؟
- هل يمكن للذكاء الاصطناعي أن يتحيز ضد جماعة أو فئة بسبب بيانات غير متوازنة؟

- هل سيسبب هذا التقدّم بطالة جماعية أو فقدان المهارات العقلية البشرية؟

وتبعا لذلك ظهرت مؤسسات ومبادرات تدعو إلى الشفافية في تصميم الخوارزميات، والتأكد من عدالة النماذج، وحماية خصوصية المستخدمين، وبناء أنظمة تفسّر قراراتها.

خاتمة الكتاب

لقد حاولت أن أقدم في هذا الكتيب بعض النظريات والخلاصات والابتكارات التي توصل لها العلم الحديث في ميدان الفيزياء.

وهو عمل يهدف أساسا إلى فتح شهية المطالع، ويشجعه على التعرف على المزيد في هذا الباب العلمي، وذلك بتبسيط مفاهيم الفيزياء قدر المستطاع، وتقديمها للمهتم غير المتخصص ليعلم أبجدياتها ويتأكد أنها ليست حكرا على الطلاب ذوي التوجه العلمي فقط، بل أقول أن من بين هؤلاء، ومهما كان مستواهم الأكاديمي، من يجهل كثيرا عن هذه الحقائق الفيزيائية، وبلا شك سوف يستفيدون هم كذلك من هذا التأليف، فتعليمنا المغربي العلمي يغفل الجانب التاريخي للفيزياء، وفلسفة تطورها ومنهجها، ويكتفي بتلقين المعادلات الحسابية الجافة، ويتجاهل الوازع البشري الذي حقق تلك الاكتشافات، ومن ثم يفتقد هذا التعليم إعطاءَ القدوة التي يجب على الطالب الفيزيائي اتخاذها كنموذج لما يجب أن يكون عليه.

وأعتبر هذا العمل دعوة للجميع، لتعميق معارفهم في شتى المجالات العلمية، وعدم الاقتصار في معلوماتهم على مجال تخصصهم، فأجدادنا علماء هذه الأمة السابقون، كانوا ملمين بعدة أصناف من العلوم، شرعية كانت أو أدبية أو حسابية أو فلكية أو طبية وحتى فلسفية. وقد بينت أول الكتاب أن ما عرفه عالمنا الإسلامي من تقهقر حضاري وضعف

عسكري، كان سببه الأول العزوف على متابعة العلوم الحديثة ومواكبة الاختراعات المتتالية، والاقتصار على العلوم الشرعية الفقهية في المناهج التعليمية والمؤلفات الأكاديمية.

وهذا لا يعني أن هذا مصير العالم الإسلامي في المستقبل، بل قد حبانا الله بجميع المؤهلات، الفكرية والمادية، لتسترجع أمة الإسلام مكانتها الطبيعية بين الأمم الرائدة للبشرية، فالعلماء الشباب المسلمون متواجدون في كل المختبرات العلمية الغربية، ولهم حضور وازن في ميداني البحث والاكتشاف العلميين، وفي مختلف التخصصات. وأما إمكانات العالم الإسلامي المادية الهائلة، فقادرة على توفير التمويل الضروري للميدان العلمي التجريبي، ولربما يمكن لبعض الدول الإسلامية تمويل منشآت بحثية لمفردها، بينما تجتمع دول غربية عديدة للتشارك في تمويل بعض المشاريع التجريبية العظيمة، التي تتطلب تمويلات هائلة (مثال "مصادم الجزيئات الدائري FCC" و "مفاعل طوكاماك إيتر")، فما بالك إذا اجتمعت واتفقت على هذا التصور، الدول الإسلامية ذات الطاقات البشرية العلمية، والدول الإسلامية ذات الطاقات المادية الكبيرة، وهذا لا ينفى ذاك، وأنشأت "المركز الإسلامي للأبحاث العلمية"، الذي سيتولى تجميع الكفاءات في مختبرات عصرية وقيادة مشاريع بحثية رائدة في علوم الطاقة وهندسة الكمبيوتر

والمعلوميات والذكاء الاصطناعي وغيرها من مجالات العلوم الدقيقة، التي تعد استثمارا انتاجيا رابحا في الأفق الزمني المتوسط والبعيد.

وفقنا الله عز وجل لما يحبه ويرضاه لهذه الأمة المحمدية الشريفة، وجعلنا على نهج السلف الراشد القويم، وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.



أمين الشبيهي الموقت من مواليد مدينة مكناس، في 4 غشت 1963، ترعرع في مدينة مولاي إدريس حيث درس السنة الأولى ابتدائي في قسم مدرسي داخل الحرم الإدريسي 1969-1970، ثم التحق بالمدرسة العمومية بحي خيبر حيث نال الشهادة الابتدائية، والتي أهلته للالتحاق بإعدادية مولاي إدريس الأكبر حيث قضى أربع سنوات.

اضطر بعد ذلك كباقي تلاميذ المدينة، لمتابعة دراسته الثانوية في القسم الداخلي بمكناس، بثانوية الإمام الغزالي، حيث حصل على شهادة البكالوريا علوم تجريبية سنة 1981.

تابع دراسته بجامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس، شعبة الفيزياء والكيمياء، ثم بجامعة محمد الخامس بالرباط، حيث حصل على الإجازة في العلوم الفيزيائية-تخصص فيزياء نووية، بميزة مستحسن سنة 1986. ومن ثم رحل إلى فرنسا لمتابعة دراساته العليا.

- خريج معهد العلوم النووية، جامعة جوزيف فوريي، كرونبل، فرنسا.
- خريج معهد إدارة المقاولات، جامعة باس نورماندي، كاين، فرنسا.
- رئيس مصلحة المراقبة الداخلية وتتبع التزامات الإنفاق بوكالة توزيع الماء و الكهرباء بتطوان.
- رئيس مصلحة الموارد البشرية بوكالة توزيع الماء والكهرباء بتطوان.
- رئيس مصلحة التواصل والمراقبة الداخلية بوكالة توزيع الماء والكهرباء بمراكش.
- مدير برنامج الرقمنة الشاملة للإجراءات الإدارية والمالية والتقنية بوكالة الماء و الكهرباء بمراكش.
- أستاذ معتمد من طرف برنامج كارير سانتر، الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية.
- أستاذ معتمد من طرف جامعة القاضي عياض بمراكش في مادة سوفت سكيلز.
- أستاذ زائر سابقا بكلية الآداب والعلوم الإنسانية بمراكش.
- له مؤلف مشترك تحت عنوان "فهرسة المنشآت المائية بإقليم الرشيدية"، دار المناهل-2018.
- له مؤلف بعنوان "الموسوم الوجيه بأعلام آل الشبيه- نفحات من عبق تاريخ الدولة المغربية الشريفة"، المطبعة الوطنية-مراكش 2023.
- حقق وعلق ونشر كتاب "حل ألفاظ القصيدة الهمزية في مدح خير البرية" لصاحبه العلامة يحيى بن عبد الواحد الشبيهي، المطبعة الوطنية-مراكش 2025.
- نشرت له عدة أبحاث في مجال الإعجاز العلمي في القرآن الكريم والسنة الشريفة.